

APOYO TÉCNICO A INTERVENTORÍA PARA MEJORAMIENTO Y
REHABILITACIÓN DE LA CARRETERA LANDÁZURI-BARBOSA,
DEPARTAMENTO DE SANTANDER



CRISTIAN FERNANDO LÓPEZ JIMÉNEZ



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE TRANSPORTE Y VÍAS
TUNJA
2018

APOYO TÉCNICO A INTERVENTORÍA PARA MEJORAMIENTO Y
REHABILITACIÓN DE LA CARRETERA LANDÁZURI-BARBOSA,
DEPARTAMENTO DE SANTANDER

CRISTIAN FERNANDO LÓPEZ JIMÉNEZ

Trabajo de grado – práctica con proyección empresarial o social como requisito
para lograr el título de INGENIERO EN TRANSPORTE Y VÍAS

Director UPTC:
Ing. JORGE NEVARDO PRIETO MUÑOZ

Co-director – Director Interventoría Unión Temporal FEYMA-PC:
Ing. Esp. PEDRO JOSÉ CORREDOR BECERRA

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE TRANSPORTE Y VÍAS
TUNJA
2018

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Tunja, mayo de 2018

DEDICATORIA

Por su apoyo incondicional, amor y comprensión en mi desarrollo personal y profesional, estas líneas están dedicadas a mi familia en especial a mis padres myriam Amanda Jiménez y Fernando López Corredor y hermanos Daniel Ricardo, Yeny Katherine y Hasson Oswaldo. Quienes han sido el pilar fundamental en mi formación como profesional, por brindarme la confianza, consejos para lograrlo; A ellos, mi gratitud por caminar a mi lado y confiar en mi durante todos estos años.

A mis maestros quienes nunca desistieron al enseñarme, aun sin importar que muchas veces no ponía atención en clase, a ellos que continuaron depositando su esperanza en mí

AGRADECIMIENTOS

Mi proceso como profesional no hubiera sido posible sin las lecciones recibidas en la academia por parte de cada uno de los Ingenieros, docentes, compañeros, colegas y amigos vinculados a la escuela de Transporte y Vías que este tiempo me acompañaron.

Agradezco a Miguel Ángel Paipa y Yeison Andrés García Gil, por su amistad y colaboración en mi proceso de formación, así como a los Ingenieros Pedro José Corredor y Gabriel Humberto Romero quienes me han ayudado a desarrollarme en el campo laboral y servir a la comunidad.

Contenido

| | |
|--|-----------|
| INTRODUCCIÓN | 15 |
| 1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO..... | 17 |
| 1.1 LOCALIZACION..... | 17 |
| 1.1.1 Ubicación del municipio de Landázuri..... | 17 |
| 1.1.2 Ubicación del municipio de Vélez | 18 |
| 1.1.3 Ubicación del municipio de Barbosa | 18 |
| 1.2 CONTRATO DE OBRA | 20 |
| 1.2.1 Información general del contrato de obra | 21 |
| 1.2.2 Personal contrato de obra..... | 21 |
| 1.2.3 Equipo de obra. | 22 |
| 1.3 CONTRATO DE INTERVENTORIA | 29 |
| 1.3.1 Información general del contrato de Interventoría | 29 |
| 1.3.2 Personal contrato de Interventoría..... | 30 |
| 1.3.3 Equipo contrato de Interventoría..... | 30 |
| 2. EJECUCIÓN DE BACHEO..... | 31 |
| 2.1 SELECCIÓN DE TRAMOS A INTERVENIR | 31 |
| 2.2 ACTIVIDADES SUPERVISADAS EN EL BACHEO | 34 |
| 2.2.1 Excavación mecánica | 34 |
| 2.2.2 Construcción de Sub-Base Granular Clase A..... | 37 |
| 2.2.2.1 Especificaciones INVIAS. | 37 |
| 2.2.2.2 Control. | 39 |
| 2.2.2.3 Ejecuciones de los trabajos de sub-base granular clase A. | 39 |
| 2.2.2.4 Maquinaria utilizada. | 41 |
| 2.2.3 Construcción de Base granular clase A | 41 |
| 2.2.3.1 Especificaciones INVIAS.. | 42 |
| 2.2.3.2 Control. | 44 |
| 2.2.3.3 Ejecuciones de los trabajos de Base granular clase A | 45 |
| 2.2.3.4 Maquinaria utilizada. | 48 |
| 2.2.4 Mezcla densa en caliente. | 49 |
| 2.2.4.1 Especificaciones INVIAS. | 49 |
| 2.2.4.2 Controles: | 51 |
| 2.2.4.3 Ejecuciones de los trabajos de instalación de MDC-19. | 52 |
| 2.2.4.4 Maquinaria utilizada. | 56 |
| 3. MEJORAMIENTO DE CARPETA ASFALTICA (PARCHEO) | 57 |
| 3.1 SELECCIÓN DE TRAMOS A INTERVENIR | 57 |
| 3.2 ACTIVIDADES SUPERVISADAS EN EL PARCHEO DE LA CARPETA ASFÁLTICA..... | 60 |

| | |
|---|-----------|
| 3.2.1 Especificaciones INVIAS. | 60 |
| 3.2.2 Controles. | 60 |
| 3.2.3 Ejecuciones de los trabajos de fresado. | 61 |
| 3.2.4 Maquinaria utilizada..... | 64 |
| 4. ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN (MUROS) | 65 |
| 4.1 SELECCIÓN DE TRAMOS A INTERVENIR | 65 |
| 4.2 ACTIVIDADES SUPERVISADAS EN LA CONSTRUCCIÓN DE MUROS DE CONTENCIÓN. | 68 |
| 4.2.1 Excavación mecánica para construcción de muros. | 68 |
| 4.2.1.1 Especificaciones INVIAS. | 68 |
| 4.2.1.2 Control. | 68 |
| 4.2.1.3 Ejecuciones de los trabajos. | 69 |
| 4.2.1.4 Maquinaria utilizada. | 70 |
| 4.2.2 Construcción de caisson..... | 70 |
| 4.2.2.1 Ejecuciones de los trabajos | 71 |
| 4.2.2.1.1 Excavación de caisson.. | 71 |
| 4.2.2.1.2 Armado de refuerzo. | 71 |
| 4.2.2.1.4 Vertido de concreto. | 72 |
| 4.2.2.1.5 Descimbrada..... | 73 |
| 4.2.2.1.6 Armado y ubicación de la canasta | 73 |
| 4.2.2.1.7 Fundida del fuste.. | 74 |
| 4.2.3 Construcción de muro de contención..... | 75 |
| 4.2.3.1 Ejecuciones de los trabajos. | 75 |
| 4.2.4 Anclajes para muros de contención. | 79 |
| 4.2.4.1 Ejecuciones de los trabajos de anclajes. | 80 |
| 5. OTRAS ACTIVIDADES SUPERVISADAS | 84 |
| 5.1 FILTROS | 84 |
| 5.1.1 Proceso constructivo. | 85 |
| 5.2 REMOCIÓN DE DERRUMBES..... | 88 |
| 5.2.1 Ejecución de los trabajos..... | 89 |
| 5.3 TRABAJO EN OFICINA | 91 |
| 6. DIFICULTADES PRESENTADAS..... | 92 |
| 7. APORTES..... | 94 |
| 8. RECOMENDACIONES..... | 95 |
| 9. CONCLUSIONES..... | 96 |
| BIBLIOGRAFÍA E INFOGRAFIA | 98 |

LISTA DE TABLAS

| | Pág. |
|--|------|
| Tabla 1. Límites de Landázuri..... | 17 |
| Tabla 2. Características generales de Landázuri..... | 17 |
| Tabla 3. Límites de Vélez | 18 |
| Tabla 4. Características generales de Vélez | 18 |
| Tabla 5. Límites de Barbosa | 18 |
| Tabla 6. Características generales de Barbosa | 18 |
| Tabla 7. Información general del contrato de obra..... | 21 |
| Tabla 8. Vibro-compactador Dynapac CA 150-2..... | 22 |
| Tabla 9. Excavadora sobre orugas | 23 |
| Tabla 10. Retro cargador sobre llantas..... | 23 |
| Tabla 11. Motoniveladora | 24 |
| Tabla 12. Cargador HL 770-9S..... | 24 |
| Tabla 13. Terminadora de asfalto | 25 |
| Tabla 14. Compactador neumático | 25 |
| Tabla 15. Compresor para soplado y barrido..... | 26 |
| Tabla 16. Irrigador de asfalto | 26 |
| Tabla 17. Retroexcavadora sobre llantas | 27 |
| Tabla 18. Fresadora en frío Winter W 130 FI..... | 27 |
| Tabla 19. Carro tanque de agua | 28 |
| Tabla 20. Volqueta..... | 28 |

| | |
|--|----|
| Tabla 21. Información general del contrato de interventoría | 29 |
| Tabla 22. Relación de tramos seleccionados para intervenir con bacheo | 33 |
| Tabla 23. Uso típico de las diferentes clases de sub-base granular (Tabla 320-1) | 37 |
| Tabla 24. Requisitos de los agregados para sub-base granulares (Tabla 320-2).. | 38 |
| Tabla 25. Franja granulométrica del material de sub-base granulares (Tabla 320-3) | 38 |
| Tabla 26. Requisitos de los agregados para bases granulares | 43 |
| Tabla 27 resultados ensayos realizados | 50 |
| Tabla 28. Listado de parches..... | 59 |
| Tabla 29. Listado de muros | 68 |
| Tabla 30. PR a instalar filtro..... | 84 |
| Tabla 31. PR y cantidades de material removido..... | 90 |

LISTA DE FIGURAS

| | Pág. |
|---|------|
| Figura 1. Esquema de ubicación del proyecto | 19 |
| Figura 2. Tramo Barbosa - Vélez - Landázuri | 20 |
| Figura 3. Vibro-compactador Dynapac CA 150 - 2 | 22 |
| Figura 4. Excavadora sobre orugas | 23 |
| Figura 5. Retro cargador sobre llantas..... | 23 |
| Figura 6. Motoniveladora | 24 |
| Figura 7. Cargador HL 770-9S..... | 24 |
| Figura 8. Terminadora de asfalto | 25 |
| Figura 9. Compactador neumático..... | 25 |
| Figura 10. Compresor para soplado y barrido..... | 26 |
| Figura 11. Irrigador de asfalto | 26 |
| Figura 12. Retroexcavadora sobre llantas | 27 |
| Figura 13. Fresadora en frío Winter W 130 FI..... | 27 |
| Figura 14. Carro tanque de agua | 28 |
| Figura 15. Volqueta..... | 28 |
| Figura 16. Estado inicial de la vía | 31 |
| Figura 17. Ventanas a intervenir | 32 |
| Figura 18. Recorrido ventanas a intervenir | 32 |
| Figura 19. Zona de manejo de escombros y material de excavación (zodme), ubicado en el PR 37+500 | 34 |
| Figura 20. Toma de topografía..... | 36 |

| | |
|--|----|
| Figura 21. Trabajos de remoción, excavación manual y mecánica..... | 36 |
| Figura 22. Trabajos de extensión y compactación de material de sub-base | 40 |
| Figura 23. Trabajos de compactación y toma de ensayos para material de sub- base..... | 41 |
| Figura 24. Transporte y acopio material de base..... | 45 |
| Figura 25. Extendido en forma de cordón..... | 46 |
| Figura 26. Humectación material granular | 46 |
| Figura 27. Conformación material de base | 47 |
| Figura 28. Compactación material de base conformado y humedecido | 48 |
| Figura 29. Toma de densidades y topografía | 48 |
| Figura 30 franja granulométrica obtenida | 50 |
| Figura 31. Proceso de barrido y soplado de capa de base..... | 52 |
| Figura 32. Suministro e instalación de riego de imprimación (CRL - 1) | 53 |
| Figura 33. Toma de temperatura mezcla asfáltica en obra..... | 53 |
| Figura 34. Vaciado de mezcla asfáltica en finisher | 54 |
| Figura 35. Extendida mezcla asfáltica | 54 |
| Figura 36. Compactación mezcla asfáltica | 55 |
| Figura 37. Compactación mezcla asfáltica con vibro-compactador neumático..... | 55 |
| Figura 38. Ejemplo de daños encontrados | 57 |
| Figura 39. Demarcación zonas a intervenir | 58 |
| Figura 40. Demarcación de tramos aprobados para fresar..... | 61 |
| Figura 41. Soplado de la carpeta asfáltica para fresar..... | 61 |
| Figura 42. Fresado y cargue de la carpeta asfáltica existente..... | 62 |

| | |
|--|----|
| Figura 43. Transporte y acopio de material de fresado..... | 63 |
| Figura 44. Resultado del proceso de fresado | 64 |
| Figura 45. Pérdida de banca PR 55+585..... | 65 |
| Figura 46. Erosión en talud inferior | 66 |
| Figura 47. Erosión en PR 41+100..... | 67 |
| Figura 48. Lóbulos de acumulación | 67 |
| Figura 49. Toma de topografía para excavación de muros..... | 69 |
| Figura 50. Excavación para muro de contención | 70 |
| Figura 51. Excavación de Caisson..... | 71 |
| Figura 52. Preparación formaleta de anillos e instalación..... | 72 |
| Figura 53. Vaciado de concretos en anillos | 73 |
| Figura 54. Armado y ubicación de la canasta | 73 |
| Figura 55. Vaciado de concreto para fuste | 74 |
| Figura 56. Caisson terminado | 75 |
| Figura 57. Instalación de acero de refuerzo..... | 76 |
| Figura 58. Conexión zarpa con caisson..... | 76 |
| Figura 59. Conexión entre zarpa y vástago | 77 |
| Figura 60. Vaciado y vibrado de concreto en zarpa..... | 77 |
| Figura 61. Encofrado del vástago | 78 |
| Figura 62. Vaciado y vibrado de concreto en vástago | 78 |
| Figura 63. Muro de contención terminado | 79 |
| Figura 64. Proceso constructivo terminado sin anclajes | 80 |

| | |
|--|----|
| Figura 65. Perforaciones para los anclajes..... | 80 |
| Figura 66. Construcción de dados de tensión..... | 81 |
| Figura 67. Estado final del ancle antes de tensión..... | 82 |
| Figura 68. Tensión de anclajes | 82 |
| Figura 69. Instalación y soldadura de tapa del anclaje | 83 |
| Figura 70. Procedimiento de construcción de anclajes terminado | 83 |
| Figura 71. Excavación para filtro..... | 85 |
| Figura 72. Instalación de geotextil en la excavación..... | 86 |
| Figura 73. Manguera de filtro | 86 |
| Figura 74. Colocación de material filtrante..... | 87 |
| Figura 75. Costura de geotextil | 87 |
| Figura 76. Filtro terminado | 88 |
| Figura 77. Derrumbe presentado en PR 27+100 | 89 |
| Figura 78. Cargue y transporte de derrumbes | 90 |

LISTA DE ANEXOS

- Anexo A: Personal de obra e interventoría
- Anexo B: Diseño de pavimentos y muros
- Anexo C: MINFRA-MN-IN-FR-1
- Anexo D: Ensayos de laboratorio realizados por contratista e interventoría
- Anexo E: Cantidades totales de obra ejecutada
- Anexo F: Registro fotográfico
- Anexo G: Formatos en Excel
- Anexo H: Informe enviado al INVIAS
- Anexo I: Inventario general de obras de drenaje
- Anexo J: Plan de manejo de tránsito
- Anexo K: Diagnóstico de ventanas intervenidas
- Anexo L: Videos de cada uno de los procesos constructivos
- Anexo M: Actividades supervisadas mes a mes
- Anexo N: Informes Mensuales de avance – U.P.T.C

INTRODUCCIÓN

Actualmente la vía que comunica Barbosa, Vélez y Landázuri presenta una superficie en pavimento asfáltico; la vía tiene tramos sin pavimentar y otros en alto grado de deterioro; esto dificulta el tránsito de los vehículos aumentando su deterioro y los costos de transporte. En la vía son evidentes los daños de desprendimientos, deformación y fisuras en el pavimento flexible, pérdida de banca, derrumbes, y falta de control del agua.

Debido a la importancia de este corredor que inicia en el municipio de Landázuri (PR00+000) y finaliza en el Municipio de Barbosa (PR70+0674), la condición superficial del mismo, hizo necesaria su intervención mediante rehabilitación del pavimento, atención de sitios críticos y mantenimiento del afirmado de algunos sectores de la vía. Dentro de los propósitos de la intervención fue primordial garantizar la estabilidad de las obras, mejorar la capacidad y nivel de servicio, así como la comodidad y seguridad de los usuarios durante la ejecución de los trabajos.

El Instituto Nacional de Vías, entidad ejecutora, adjudicó mediante licitación pública LP-DO-SRN-001-2017 el contrato de “Mantenimiento, Rehabilitación y atención de sitios críticos de la carretera Landázuri – Barbosa ruta 62 tramo 6208 Departamento de Santander” a la empresa Equipos & Triturados S.A.S. También, mediante concurso de méritos adjudicó el contrato de interventoría a la firma Unión Temporal Feyma PC

En los diseños iniciales presentados por el contratista de obra se presentó el análisis realizado inicialmente, este determinó que los sectores de la vía objeto del contrato presentaban problemas estructurales haciendo necesario la realización de estudios, ensayos y diseños de los cuales se estableció que la vía presenta un flujo vehicular medio (NT2); se hizo necesario ejecutar actividades de bacheo para mejorar la transitabilidad y movilidad de los usuarios. En el capítulo dos se presentan los tramos intervenidos y los procesos constructivos realizados en el bacheo.

En el contrato 573 de 2017 se contemplaba el mejoramiento por tal razón se realizó una inspección visual a la carpeta asfáltica para determinar el estado en que se encontraba; para atender los lugares más críticos y deteriorados se reemplazó la carpeta de rodadura sin cambiar las capas granulares de base, sub-base y afirmado así como se puede observar en el capítulo 3 donde se describen las actividades de parcheo realizadas.

El mantenimiento no solo consistió en el mantenimiento de la estructura de pavimento si no también evitar futuros daños ya que el tramo presentaba fallas

geológicas por lo cual se realizaron obras de contención para estabilizar y mantener la movilidad de los vehículos, entre estas obras de contención se tienen 5 muros de contención de los cuales se presenta el proceso constructivo en el capítulo 4 de este documento, además de esto para el mantenimiento y conservación de esta vía se realizó la construcción de filtros para el control del agua y remoción de derrumbes las actividades y procesos constructivos de estas dos últimas actividades se presentan en el capítulo 5.

Por otra parte, la interventoría a cargo de Unión Temporal FEYMA-PC, debió ejecutar un extenso control técnico permanentemente durante la ejecución de la obra, donde se evaluó y verificaron los procesos constructivos, su ejecución e idoneidad.

Para la realización del acompañamiento a la interventoría y llevar a cabo la práctica con proyección empresarial o social se define con el Director de interventoría que la participación del pasante debe ser en forma eficiente y desarrollar las siguientes actividades:

- Supervisión de los materiales puestos en obra y control de calidad.
- Supervisión de actividades de obra.
- Supervisión de personal de obra.
- Supervisión de maquinaria dispuesta en obra.
- Supervisión de avance de obra.
- Apoyo en la elaboración de informes para la oficina de infraestructura.
- Elaboración de informes mensuales y uno final para constancia del desarrollo de la práctica.

Durante el tiempo de participación del proyecto se determinó la calidad de los materiales usados en la ejecución de obra a través de la toma de muestras para realizar ensayos laboratorios y análisis de resultados, se presentó un informe semanal escrito y con anexo fotográfico de las actividades realizadas, personal, equipo, elementos de protección y factores climáticos. En este informe final se presenta el desarrollo de los procesos constructivos empleado en las actividades supervisadas como pasante en el contrato 576 y 708 de 2017 en el periodo comprendido entre el 09 de octubre de 2017 al 23 de febrero de 2018, tiempo de duración de la pasantía.

1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.1 LOCALIZACION

El proyecto al cual se le realizó la interventoría, se localizó en la Transversal del Carare. Esta vía parte de la cabecera municipal de Vélez y comunica con Landázuri, Cimitarra y Puerto Araujo, conectando la troncal Central Nacional con la Troncal del Magdalena Medio. Tiene una longitud aproximada de 137 kilómetros, está a cargo del Instituto Nacional de Vías (INVIAS); tiene una extensión aproximada de 47 Kilómetros en jurisdicción del municipio de Vélez los cuales se encuentran pavimentados. En las Figuras 01 y 02 se observa la localización de esta vía. La base económica de esta zona la constituyen actividades pecuarias, agrícolas, forestales, ganadería, minera, comercio y últimamente la agroindustria.

El proyecto tuvo como propósito el “MANTENIMIENTO, REHABILITACION DE SITIOS CRÍTICOS DE LA CARRETERA LANDAZURI – BARBOSA, ruta 62 – tramo 6208”; su perfil se caracterizaba así: 13% en terreno plano, y 87% terreno montañoso.

1.1.1 Ubicación del municipio de Landázuri. El municipio de Landázuri se encuentra ubicado en el departamento de Santander, sus límites y características generales se presentan en la Tabla 1 y 2.

Tabla 1. Límites de Landázuri

| Puntos cardinales | Municipios |
|-------------------|----------------------|
| Norte | Municipio de Vélez |
| Sur | Municipio de Bolívar |
| Oriente | Cimitarra |
| Occidente | Cimitarra |

Fuente. Elaboración propia

Tabla 2. Características generales de Landázuri

| Localización | | Altura sobre el nivel del mar (m.) | Temperatura Media (°) | Distancia a la capital (Km.) |
|---------------|----------------|------------------------------------|-----------------------|------------------------------|
| Latitud norte | Longitud oeste | | | |
| 6° 13' | 73° 48' | 1.100 | 20 °C | 286 |

Fuente. Elaboración propia

1.1.2 Ubicación del municipio de Vélez. El municipio de Vélez se encuentra ubicado en el departamento de Santander, sus límites y características generales se presentan en la Tabla 3 y 4.

Tabla 3. Límites de Vélez

| Puntos cardinales | Municipios |
|-------------------|----------------------|
| Norte | Monquirá - Boyacá |
| Sur | Municipio de Barbosa |
| Oriente | Socorro |
| Occidente | Landázuri |

Fuente. Elaboración propia

Tabla 4. Características generales de Vélez

| Localización | | Altura sobre el nivel del mar (m.) | Temperatura Media (°) | Distancia a la capital (Km.) |
|---------------|----------------|------------------------------------|-----------------------|------------------------------|
| Latitud norte | Longitud oeste | | | |
| 6° 05' | 73° 67' | 2.150 | 19 °C | 231 |

Fuente. Elaboración propia

1.1.3 Ubicación del municipio de Barbosa. El municipio de Barbosa se encuentra ubicado en el departamento de Santander, sus límites y características generales se presentan en la Tabla 5 y 6

Tabla 5. Límites de Barbosa

| Puntos cardinales | Municipios |
|-------------------|---------------------|
| Norte | Municipio de Guepsa |
| Sur | Municipio de Puente |
| Oriente | Monquirá – Boyacá |
| Occidente | Vélez y Guavata |

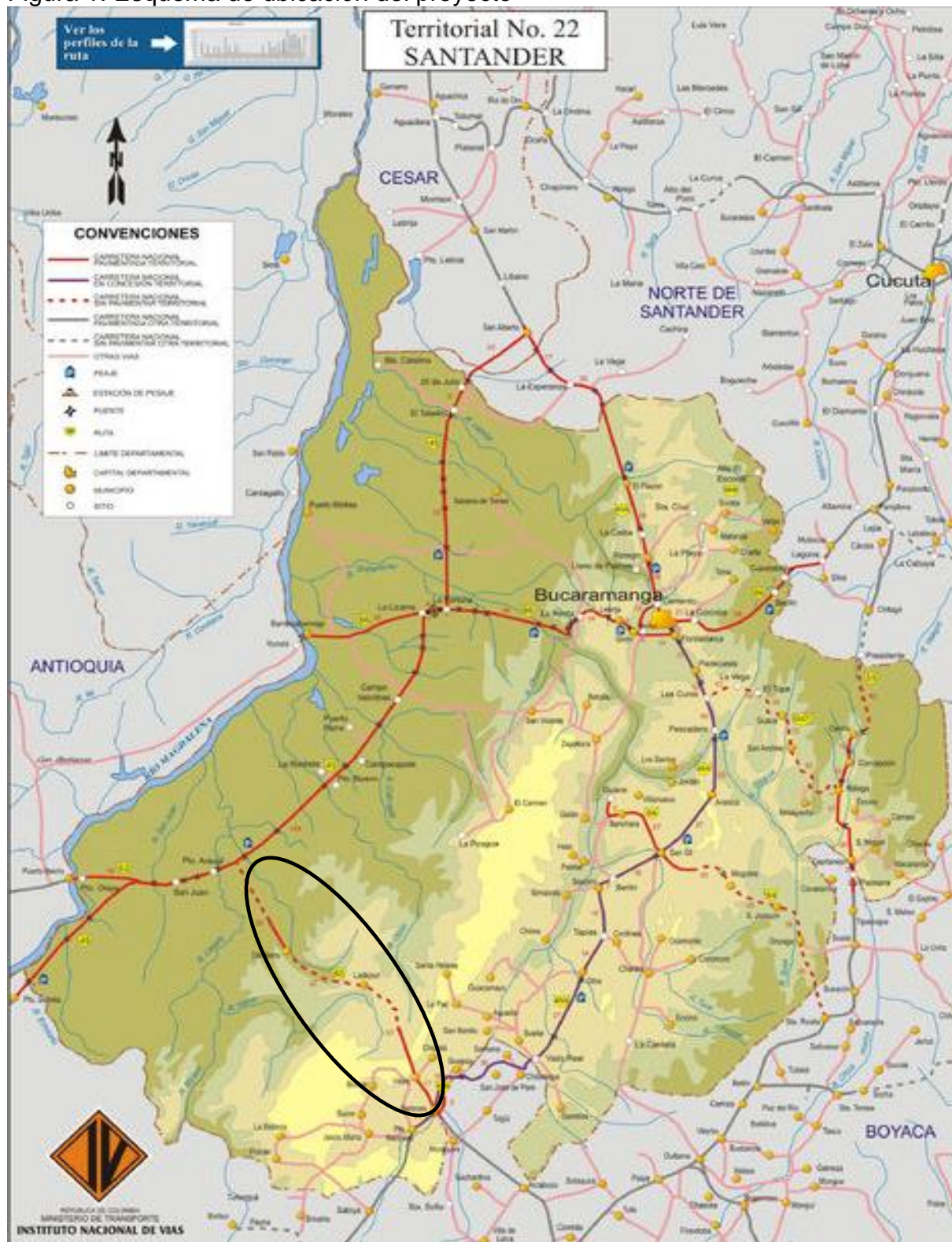
Fuente. Elaboración propia

Tabla 6. Características generales de Barbosa

| Localización | | Altura sobre el nivel del mar (m.) | Temperatura Media (°) | Distancia a la capital (Km.) |
|---------------|----------------|------------------------------------|-----------------------|------------------------------|
| Latitud norte | Longitud oeste | | | |
| 5° 55' | 73° 37' | 1.588 | 21 °C | 150 |

Fuente. Elaboración propia

Figura 1. Esquema de ubicación del proyecto



Fuente: Mapa de carreteras INVIAS territorial N° 22 Santander

Figura 2. Tramo Barbosa - Vélez - Landázuri



Fuente. Anexo técnico proceso LP-DO-SRN-01-2017

1.2 CONTRATO DE OBRA

El Instituto Nacional de Vías, realizó mediante licitación pública LP-DO-SRN-001-2017 convocatoria para las obras cuyo objeto es “mantenimiento, rehabilitación y atención de sitios críticos de la carretera Landázuri – Barbosa ruta 62 tramo 6208 Departamento de Santander” Asignándola mediante el contrato de obra No 573-2017 a **CONSTRUCCIONES AP**, la que cedió el contrato a la empresa **Equipos & Triturados S.A.S.** el día 22 de agosto de 2017, contando con la verificación y aprobación de la Dirección de Contratación del Instituto Nacional de Vías.

La empresa EQUIPOS Y TRITURADOS S.A.S, a partir del día 22 de agosto de 2017 se encargó de ejecutar las actividades de construcción, mantenimiento y mejoramiento de la vía, ejecutando actividades como: instalación de materiales granulares tipo base granular y subbase granular, instalación de mezcla densa en caliente MDC-19, obras de drenaje, muros de contención, remoción de derrumbes, mantenimiento de vía con adición de material.

1.2.1 Información general del contrato de obra. El contrato de obra número 576 de 2017 se firmó entre el representante legal de la empresa Equipos y Triturados S.A.S y el encargado de contratación del Instituto Nacional de Vías de éste contrato se obtiene la información consignada en la Tabla 7

Tabla 7. Información general del contrato de obra

| | |
|----------------------------|--|
| Contratante | Instituto Nacional de Vías (INVIAS) |
| Proceso | LP-DO-SRN-001-2017 |
| Contratista | Equipos & Triturados S.AS. |
| NIT | 890940910-1 |
| Representante legal | Jesús Antonio Cóntecha Carrillo |
| Contrato No. | 573 DE 2017 |
| Fecha del contrato | 26 de Abril de 2017 |
| Objeto | Mantenimiento y Rehabilitación y Atención de sitios críticos de la Carretera Landázuri - Barbosa ruta 62 – tramo 6208 Departamento del Santander |
| Valor del Contrato | \$ 4.390.568.131.00 |
| Plazo Actual | 6 meses |
| Fecha de Iniciación | 22 de Junio de 2017 |
| Fecha de Terminación Final | 21 de Diciembre de 2017 |
| Interventor | Unión temporal FEYMA-PC |
| Gestor del Contrato | Ing. Marlon Oswaldo Gamboa Duarte |
| Gestor del Proyecto | Ing. Juan Carlos Díaz González |

Fuente. Elaboración propia

Debido a los múltiples inconvenientes y necesidades de la vía, se hizo necesaria la adición en recursos y tiempo, para permitir la circulación en condiciones de comodidad y seguridad, modificando la información general del contrato quedando como nueva fecha de vencimiento contractual el 28 de Febrero de 2018.

Al contrato de obra se adicionó dos (2) meses y siete (7) días en tiempo y en recursos la suma de dos mil ciento noventa y cinco millones doscientos ochenta y cuatro mil sesenta y cinco pesos (\$ 2.195.284.065.00), para un total invertido de seis mil quinientos ochenta y cinco millones ochocientos cincuenta y dos mil ciento noventa y seis pesos (\$ 6.585.852.196.00) ejecutados en ocho (8) meses y siete (7) días

1.2.2 Personal contrato de obra. Para la ejecución de las actividades contempladas en el contrato de obra 576 de 2017 se contó con la participación de personal profesional compuesto por cuatro ingenieros civiles y una ingeniera ambiental los cuales ocupaban los cargos de Director de obra, residente de obra y residente ambiental, una psicóloga la cual era la residente social, una administradora pública.

Además de esto se contó con el apoyo de personal técnico: un auxiliar de recursos generales, 16 operarios de maquinaria pesada como volquetas, retro cargador, finisher, vibro-compactador, retro-excavadora, fresadora, un inspector de obra, topógrafo y personal no calificado entre estos se tuvo 43 personas entre maestros, ayudantes, controladores de tránsito y demás personal requerido en la ejecución de las obras, el listado del personal que desarrollo las diferentes actividades ejecutadas por el contratista de obra en la duración del proyecto de pasantía se puede observar en el anexo A

1.2.3 Equipo de obra. Para la ejecución de las actividades el contratista de obra poseía una amplia gama de maquinaria a su disposición, a continuación se realiza una pequeña descripción de las características técnicas de cada una de ellas y se muestran gráficamente en las siguientes Figuras.

Tabla 8. Vibro-compactador Dynapac CA 150-2

| VIBROCOMPACTADOR DYNAPAC CA150-2 |
|---|
| Compactador marca Dynapac/ modelo cp132 s/ n°- 726b069 con motor Cummings modelo 4bt3.9 s/n°-21224278, equipo compactador sobre neumático destinado para la compactación de base, sub-base con operacional variable, según cajas de lastre entre 4.286 kg y 12.450 kg |

Figura 3. Vibro-compactador Dynapac CA 150 - 2



Fuente. Elaboración propia

Fuente. Elaboración propia

Tabla 9. Excavadora sobre orugas

| EXCAVADORA SOBRE ORUGAS |
|---|
| <p>Excavadora hidráulica, sobre orugas marca caterpillar, modelo 324d lme serie número t2d00561 equipada con motor diésel cat c7 acert de 188 hp, zapatas de 700 mm peso 26.240 kg cucharón con capacidad máxima de 1.84 metros cúbicos con dientes de penetración y cortadores laterales cuenta con una profundidad máxima de excavación de 6488 mm y cabina cerrada</p> |
| <p>Figura 4. Excavadora sobre orugas</p>  <p>Fuente. Elaboración propia</p> |

Fuente. Elaboración propia

Tabla 10. Retro cargador sobre llantas

| RETRO CARGADOR SOBRE LLANTAS |
|---|
| <p>Retro-cargador sobre llantas marca john deere modelo 315 sl equipada con motor marca john deere modelo powertech e 4045ht086, cuchara con capacidad de 0,71 m3 y potencia de 98 hp</p> |
| <p>Figura 5. Retro cargador sobre llantas</p>  <p>Fuente. Elaboración propia</p> |

Fuente. Elaboración propia

Tabla 11. Motoniveladora

| MOTONIVELADORA |
|---|
| Motoniveladora marca Caterpillar modelo 140 h, serie número shm03980, con motor diésel Caterpillar 3176 eta turboalimentada con potencia variable de 165 a 185 hp estructura abierta tipo camopy reps/fops ocho velocidades con retroceso, hoja de 14 ft y ripper trasero |
| <p>Figura 6. Motoniveladora</p>  <p>Fuente. Elaboración propia</p> |

Fuente. Elaboración propia

Tabla 12. Cargador HL 770-9S

| CARGADOR HL770-9S |
|--|
| Cargador marca Hyundai modelo hl770-9s fabricado en 2009 sobre ruedas con 7 velocidades 4 adelante y 3 atrás alcanzado marcha delantera de 41 km/h y reversa de 26 km/h equipado con pala con ancho de 3100 mm y capacidad de carga aproximada de 4.2 m3, potencia de 340 hp |
| <p>Figura 7. Cargador HL 770-9S</p>  <p>Fuente. Elaboración propia</p> |

Fuente. Elaboración propia

Tabla 13. Terminadora de asfalto

| TERMINADORA DE ASFALTO |
|--|
| <p>Pavimentadora marca Caterpillar modelo ap-600d serie n° tfz200230, equipada con motor diésel cat c6.6 acert con potencia bruta de 174 hp. peso de operación de 17.000 kg y capacidad de tolva de 6.5 metros cúbicos ancho de pavimentación 4,5 metros</p> |
| <p>Figura 8. Terminadora de asfalto</p>  <p><i>Fuente. Elaboración propia</i></p> |

Fuente. Elaboración propia

Tabla 14. Compactador neumático

| COMPACTADOR NEUMÁTICO |
|--|
| <p>Compactador marca hamm/ modelo cp 132 s / n°-7268069 con motor cummins modelo 48 t3.9 s / n° 21224278, equipo compactador sobre neumático destinado para la compactación de base, sub-base y principalmente mezcla asfáltica con operacional variable, según cajas de lastre entre 4.286 kg y 12.450 kg</p> |
| <p>Figura 9. Compactador neumático</p>  <p><i>Fuente. Elaboración propia</i></p> |

Fuente. Elaboración propia

Tabla 15. Compresor para soplado y barrido

| COMPRESOR PARA SOPLADO Y BARRIDO |
|--|
| Compresor de aire sulldan modelo c185wku-t4 el cual posee un caudal de aire aproximado de 5,2 m ³ /min tiene una capacidad de presión de 100 psi se apoya sobre un eje simple el cual es arrastrado por vehículo. |
| <p>Figura 10. Compresor para soplado y barrido</p>  <p>Fuente. Elaboración propia</p> |

Fuente. Elaboración propia

Tabla 16. Irrigador de asfalto

| IRRIGADOR DE ASFALTO |
|--|
| Tanque en lámina con capacidad para 320 galones, tapa superior con diámetro de 48 centímetros, rejilla filtro para fluidos gruesos, con lámina reflectora de calor lateral al tanque con calefacción, llaves y sopletes individuales, con solo 35 min llega a la temperatura requerida para aplicar producto. Motor diésel de 10 caballos de fuerza, con bomba para fluidos gruesos. |
| <p>Figura 11. Irrigador de asfalto</p>  <p>Fuente. Elaboración propia</p> |

Fuente. Elaboración propia

Tabla 17. Retroexcavadora sobre llantas

| RETROEXCAVADORA SOBRE LLANTAS |
|--|
| <p>Excavadora hidráulica sobre ruedas marca Hyundai modelo 210 w -95 equipada con motor cummins modelo qsb6.7 posee una potencia de 193 hp la estructura permite tener una capacidad de excavación lateral aproximada de 9,5 metros y profundidad de 5.9 metros, entre sus accesorios se encuentran martillo hidráulico para excavadora y balde de excavación con diferentes capacidades según las necesidades de la obra.</p> |
| <p>Figura 12. Retroexcavadora sobre llantas</p>  <p><i>Fuente. Elaboración propia</i></p> |

Fuente. Elaboración propia

Tabla 18. Fresadora en frío Winter W 130 FI

| FRESADORA EN FRIO WINTER W 130 FI |
|---|
| <p>Fresadora en frío marca Winter modelo w 130 fi posee un ancho de fresado de 1 metros el sistema de portapicas recambiable permite optimizar su desempeño al permitir un espesor de fresado de 290 milímetros separación entre picas de 12 milímetros, esta cuenta con dos trenes direccionales con bandas en acero que permiten un excelente desempeño en su movilidad</p> |
| <p>Figura 13. Fresadora en frío Winter W 130 FI</p>  <p><i>Fuente. Elaboración propia</i></p> |

Fuente. Elaboración propia

Tabla 19. Carro tanque de agua

| CARRO TANQUE DE AGUA |
|---|
| Tanque sencillo en lámina hr forma elíptica de 2 compartimientos con cortina interior capacidad de 3000 galones para transporte montado en chasis posee un sistema de comunicación para permitir el vaciado de su contenido, este se instaló sobre una volqueta doble troque y se conectó con una tubo irrigador de agua. |
| <p>Figura 14. Carro tanque de agua</p>  <p><i>Fuente. Elaboración propia</i></p> <p><i>Fuente. Elaboración propia</i></p> |

Tabla 20. Volqueta

| VOLQUETAS |
|---|
| Para el transporte de materiales provenientes de derrumbes y excavación además del material transportado desde la cantera se contaba con volquetas doble troque con un eje dirección y un eje tándem con capacidad de 14 metros cúbicos |
| <p>Figura 15. Volqueta</p>  <p><i>Fuente. Elaboración propia</i></p> <p><i>Fuente. Elaboración propia</i></p> |

1.3 CONTRATO DE INTERVENTORIA

Mediante concurso de méritos abierto, CMA-DO-SRN-003-2017 con objeto, “Interventoría para el Mantenimiento, Rehabilitación y atención de sitios críticos de la carretera: Landázuri – Barbosa ruta 62 tramo 6208 Departamento de Santander, el Instituto Nacional de Vías convocó la vigilancia y control de las obras a realizar en la licitación pública LP-DO-SRN-001-2017, de este concurso de méritos se derivó el contrato de Interventoría No 708-2017, concedido a la firma **Unión Temporal FEYMA- PC**.

1.3.1 Información general del contrato de Interventoría. El contrato de interventoría número 708 de 2017 se firmó entre el representante legal de la Unión Temporal FEYMA-PC y el encargado de contratación del Instituto Nacional de Vías de este se obtiene la información consignada en la Tabla 21

Tabla 21. Información general del contrato de interventoría

| | |
|----------------------------|--|
| Interventor. | Unión Temporal Feyma Pc |
| Contrato No. | 708 DE 2017. |
| Objeto | Interventoría para el mejoramiento, rehabilitación y atención de sitios críticos de la Carretera Landázuri - Barbosa Ruta 62 Tramo 6208. Departamento de Santander |
| Valor del Contrato | \$ 499.481.160.00 |
| Valor del Anticipo | RENUNCIA |
| Plazo Actual | 6 Meses. |
| Fecha de Iniciación | 22 junio de 2017. |
| Fecha de Terminación Final | 21 de Diciembre de 2017. |
| Gestor del Proyecto | Ing. Juan Carlos Díaz González |
| Gestor del contrato | Ing. Marlon Oswaldo Gamboa Duarte |

Fuente. Elaboración propia

Debido a los múltiples inconvenientes y necesidades de la vía, se hizo necesaria la adición en recursos y tiempo para el contrato de obra con ese tiempo y recursos adicionales se debía permitir la circulación en condiciones de comodidad y seguridad, por tal motivo se realizó el adicional que modificaba la información general del contrato quedando como nueva fecha de vencimiento contractual el 28 de febrero de 2018.

Al contrato de obra se adicionó dos (2) meses y siete (7) días en tiempo al igual que el de interventoría para el acompañamiento y verificación de procesos constructivos en el tiempo adicional; a la interventoría de le adiciono en recursos la suma de doscientos cuatro millones setecientos quince mil novecientos treinta y cinco pesos (\$ 204.715.935.00), para un costo total de interventoría de setecientos

cuatro millones ciento noventa y siete mil noventa y cinco (\$ 704.197.095.00) ejecutados en ocho (8) meses y siete (7) días

1.3.2 Personal contrato de Interventoría. El grupo de trabajo de interventoría estuvo compuesto por personal profesional y técnico este equipo se compuso de un ingeniero director especialista en gerencia de proyectos y dedicación mensual para el proyecto del 50%, ingeniero residente con experiencia específica mayor a 8 años e ingeniero auxiliar residente con experiencia de tres años; estos profesionales debieron tener una dedicación al proyecto del 100% respectivamente, la profesional social era una psicóloga la cual se encargó de las charlas y problemas presentados con la comunidad; el profesional ambientales tenía una dedicación del 60% mensual para verificar las afectaciones ambientales generadas por la ejecución del proyecto.

Para verificar diseños y dar conceptos acerca de los problemas presentados en la ejecución de actividades se contó con un equipo de especialistas compuesto por un ingeniero magister en ingeniería con énfasis en pavimentos, una ingeniera con especialización en geología, una ingeniera con especialización en medio ambiente, una ingeniera especialista en seguridad industrial y salud ocupacional (siso), ingeniero especialista en estructuras, ingeniera especialista en hidráulica e hidrología, una ingeniera profesional en aseguramiento o gestión de la calidad, un auditor de calidad; este grupo de profesionales especialistas tenían dedicaciones variadas según las necesidades del proyecto eran requeridos para realizar visitas de obra y dar sus conceptos

Adicional al personal anterior la Unión Temporal FEYMA-CM contaba en la oficina ubicada en el municipio de Vélez Santander, con un ingeniero auxiliar administrativo, secretaria, inspector siso e inspector topógrafo, inspector de obra, 2 conductores, 3 cadeneros y un pasante los cuales debían tener una dedicación del 100% en obra

1.3.3 Equipo contrato de Interventoría. El personal de interventoría contaba con 2 camionetas de platón con motor mayor a 2000 cc, 2 estaciones totales digitales con sus prismas y baterías necesarias para los levantamientos, nivel automático MARCA: TOPCON / AT-B4 / SERIE MZ6466, 6 computadores de diferentes marcas, impresora, cámaras para cada uno de los inspectores y oficina ubicada en el municipio de Vélez.

2. EJECUCIÓN DE BACHEO

En la vía entre Landázuri y Vélez (PR 0+000 AL PR 62+500), se encontraban diferentes tramos en los cuales existían ventanas o tramos sin pavimento asfáltico, con longitudes entre 13 y 161 metros, en estos tramos se realizó el remplazo de las capas granulares existentes, se remplazaron las capas granulares en espesores entre 47 y 49 centímetros dependiendo de las necesidades específicas del tramo, posterior a esto se instaló una capa asfáltica de 14 cm, según los diseños presentados y aprobados en agosto de 2017 por parte de la interventoría estos diseños se presentan en el anexo B, en la Figura 16,17 y 18 se presenta el estado inicial de las ventanas y el recorrido realizado por los directores de obra e interventoría en compañía del personal del Instituto Nacional de Vías.

2.1 SELECCIÓN DE TRAMOS A INTERVENIR

Para la selección de los tramos a intervenir se realizó una visita conjunta al proyecto por parte de funcionarios del Instituto Nacional de Vías (INVIAS), Supervisor contrato de Interventoría, Director Territorial Santander, Gestor Técnico del Proyecto, Director de Interventoría, Director de Obra, Ingenieros residentes de obra e interventoría los cuales definieron los tramos a intervenir, siguiendo los lineamientos del INVIAS, en las Figuras 16, 17 y 18 se presenta en estado inicial en el que se encontraba el corredor vial antes de la intervención. En la Tabla 22 se presenta las abscisas de los tramos seleccionados para ser intervenidos mediante bacheo.

Figura 16. Estado inicial de la vía



Fuente. Elaboración propia

Figura 17. Ventanas a intervenir



Fuente. Elaboración propia

Figura 18. Recorrido ventanas a intervenir



Fuente. Elaboración propia

Tabla 22. Relación de tramos seleccionados para intervenir con bacheo

| BACHEO | | | | | | | |
|--------|-----------------|---------------|--------------|-----|-----------------|---------------|--------------|
| No. | ABSCISA INICIAL | ABSCISA FINAL | LONGITUD (m) | No. | ABSCISA INICIAL | ABSCISA FINAL | LONGITUD (m) |
| 1 | 50+000 | 50+021.10 | 21.10 | 17 | 39+962.45 | 39+976.65 | 14.20 |
| 2 | 49+772 | 49+933 | 161.00 | 18 | 38+491.7 | 38+507.05 | 15.35 |
| 3 | 48+888 | 48+975 | 87.00 | 19 | 38+418 | 38+433.50 | 15.50 |
| 4 | 48+460 | 48+481.30 | 21.30 | 20 | 38+082.40 | 38+102.75 | 20.35 |
| 5 | 48+080 | 48+101.90 | 21.90 | 21 | 37+326.70 | 37+340.55 | 14.40 |
| 6 | 48+014 | 48+051.37 | 37.37 | 22 | 37+259 | 37+286.45 | 27.45 |
| 7 | 47+617.10 | 47+645.3 | 28.20 | 23 | 36+526.5 | 36+557.50 | 31.00 |
| 8 | 46+010 | 46+061.6 | 51.60 | 24 | 36+244 | 36+266.44 | 22.44 |
| 9 | 43+806.65 | 43+824.45 | 17.80 | 25 | 35+527.5 | 35+549.90 | 22.40 |
| 10 | 42+251 | 42+276.7 | 25.70 | 26 | 35+070 | 35+083.50 | 13.40 |
| 11 | 42+040 | 42+135 | 95.00 | 27 | 34+843 | 34+864.50 | 21.50 |
| 12 | 41+774.58 | 41+830.23 | 55.65 | 28 | 34+601.50 | 34+621.34 | 19.84 |
| 13 | 41+730 | 41+740.60 | 10.60 | 29 | 34+544.89 | 34+560.74 | 15.85 |
| 14 | 41+653.30 | 41+689.30 | 36.00 | 30 | 32+615 | 32+659.10 | 44.10 |
| 15 | 40+388.78 | 40+453.35 | 64.57 | 31 | 32+051.40 | 32+075.30 | 23.90 |
| 16 | 40+336.43 | 40+361.43 | 25.00 | | | | |
| | | | | | LONGITUD TOTAL | | 1081.47 |

Fuente. Elaboración propia

El proyecto una vez inicia la pasantía el 09 de octubre de 2017, se encontraba con una ejecución aproximada del 34,5 % de los 1.081,47 metros lineales que se deben intervenir con el bacheo.

2.2 ACTIVIDADES SUPERVISADAS EN EL BACHEO

En el tiempo de duración de la pasantía se realizó la supervisión de diferentes actividades las cuales son necesarias para la instalación de la carpeta asfáltica utilizando el método de bacheo; para esto se verificó el control, proceso constructivo, maquinaria, personal y materiales antes durante y después de la realización de las actividades descritas a continuación.

2.2.1 Excavación mecánica. Esta actividad consistió en la excavación, nivelación, remoción, cargue y transporte de material seleccionado y no seleccionado de las capas granulares existentes en la vía, hasta su lugar de disposición final en la zona de manejo de escombros y material de excavación (zodme), ubicados en el PR 37+500 y PR 40+900. Estos lugares se seleccionaron y aprobaron por los especialistas ambientales de obra e interventoría, basados en el uso de suelos del plan de ordenamiento territorial (POT) y los daños ambientales que se pueden generar al tomar estos lugares como zona de depósito; una vez terminado las labores se encausó el agua para evitar la contaminación de la misma con el material del zodme como se puede observar en la Figura 19. Se supervisó la conformación y verificación de niveles del zodme siguiendo los lineamientos de las especificaciones del INVIAS.

Figura 19. Zona de manejo de escombros y material de excavación (zodme), ubicado en el PR 37+500



Fuente. Elaboración propia

2.2.1.1 Especificaciones INVIAS. Los procesos constructivos y los materiales provenientes de estos procesos debieron cumplir con lo estipulado en las especificaciones generales de construcción de carreteras 2013, capítulo 2 EXPLANACIONES artículo 201 demolición y remoción y artículo 210 excavaciones de la explanación, canales y préstamos

2.2.1.2 Control. Antes, durante y después de realizada la actividad por parte del contratista de obra y con el acompañamiento de la interventoría se procedió a realizar la medición y verificación de los procesos constructivos utilizados en las siguientes actividades:

Demarcación y excavación de terreno según los espesores de las capas granulares y capa de rodadura establecidas en el diseño de pavimentos.

Condición y manejo del tráfico vehicular establecidas en el plan de manejo de tránsito (PMT), anexo J.

Elementos de protección en el trabajo de los empleados y operarios de maquinaria pesada que intervinieron la actividad de excavación.

Condición de la maquinaria dispuesta en obra para el cargue y transporte del material proveniente de la excavación.

Cantidades de obra según los ítems de: Excavación en roca de la explanación y canales (m³), excavación en material común de la explanación y canales (m³).

2.2.1.3 Ejecuciones de los trabajos de excavación. Previamente al inicio de la excavación por parte del contratista, se realizó un levantamiento topográfico por parte del contratista e interventoría en el cual se determinó y marco las cotas iniciales; una vez definidas las condiciones iniciales se procedió a retirar los espesores según la estructura de diseño aprobada con anterioridad, con las cotas acordadas entre interventoría y contratista de obra, se inicia con la actividad de excavación por parte de la empresa EQUIPO Y TRITURADOS S.A.S la cual consistió en la remoción de material sin clasificar con retroexcavadora. En los tramos donde se realizó trabajos de bacheo, en algunos lugares se desarrolló manualmente para lograr la remoción total del material proveniente de la excavación.

Una vez terminado este proceso, se supervisó que los niveles que entregó el contratista cumplieran con los niveles establecidos en el diseño estructural; se verificó que la profundidad de la excavación fuera la adecuada para alojar el espesor de la estructura de pavimento a colocar.

En la ejecución de estas actividades, el contratista de obra presentó algunas dificultades como: factores climáticos, daño en la maquinaria utilizada, días festivos, los cuales retrasaron en un pequeño porcentaje (0,1%) el avance de las obras y la ejecución de la inversión programada. En el formato INVIAS MINFRA-MN-IN-6-FR-1 PROGRAMA DE INVERSIONES O REPROGRAMACIÓN AL PROGRAMA DE INVERSIONES. (Anexo C)

En la Figura 20 se presenta la toma de topografía por parte de la interventoría en el PR 35+541 la cual es una de las ventanas a intervenir con bacheo para determinar las cotas iniciales del proyecto. En la Figura 21 se presenta el proceso de excavación ejecutado con la retro-excavadora y de forma manual.

Figura 20. Toma de topografía



Fuente. Elaboración propia

Figura 21. Trabajos de remoción, excavación manual y mecánica



Fuente. Elaboración propia

2.2.1.4 Maquinaria utilizada. Para la ejecución de la actividad de excavación para realizar el bacheo se utilizó la siguiente maquinaria y equipos:

- Retroexcavadora sobre llantas
- Retro cargador sobre llanta

2.2.2 Construcción de Sub-Base Granular Clase A. Este trabajo consistió en el suministro, transporte, colocación, humedecimiento o aireación, extensión, conformación, y compactación del material de sub-base por parte del contratista de obra. En los diseños de pavimentos se planteó que esta capa debía poseer un espesor de 32 cm terminada, razón por la cual interventoría solicitó que ésta fuera instalada en 2 capas de 16 cm compactados para garantizar que cumpla con los requerimientos del Instituto Nacional de Vías.

Para obtener cada una de estas capas fue necesario la instalación de 21 cm de material suelto, para ser compactado en 6 pasadas del vibro compactador el cual tiene un peso de 10 toneladas, además de esto cabe resaltar que de las 6 pasadas aplicadas al material el 50% de estas contaba con vibración y el otro 50 % funcionaba tan solo con el peso propio de la maquinaria hasta llegar a un porcentaje de compactación del 95 % del valor obtenido en el proctor modificado. Si esta no cumplía como mínimo con el 95% del valor de la densidad máxima seca era rechazada y se debía escarificar y volver a realizar el proceso de conformación, y compactación según el caso.

2.2.2.1 Especificaciones INVIAS. Los procesos constructivos y los materiales provenientes de estos procesos deben cumplir con lo estipulado en las especificaciones generales de construcción de carreteras 2013, capítulo tres (3) AFIRMADO, SUBBASE Y BASES artículo 320 SUB-BASE GRANULAR, Tablas 320-1, 320-2, 320-3.

Para la clasificación del tipo de material de subbase a utilizar en el tramo, se tomó la Tabla 320-1, la cual se presenta en este documento como Tabla 23.

Tabla 23. Uso típico de las diferentes clases de sub-base granular (Tabla 320-1)

| CLASE DE SUB-BASE GRANULAR | NIVEL DE TRÁNSITO |
|----------------------------|-------------------|
| Clase C | NT1 |
| Clase B | NT2 |
| Clase A | NT3 |

Fuente. Especificaciones INVIAS

Según los diseños presentados por el contratista, se tiene una proyección para los 10 años de diseño, el paso de $3,8 \cdot 10^6$ ejes equivalentes a 8.2 toneladas, razón por la cual pertenece a un nivel de tránsito 2 (NT2) lo que indica la instalación de material de sub-base granular clase B pero el contratista de obra instaló tipo A puesto que este material se encontraba en la zona.

Como el contratista de obra instaló material de sub-base tipo A y el planteado en los diseños es tipo B se verificó que el material instalado cumpliera con los requerimientos técnicos del Instituto Nacional de Vías, observados en las Tablas 24 y 25 para sub-base clase B

Tabla 24. Requisitos de los agregados para sub-base granulares (Tabla 320-2)

| CARACTERÍSTICA | NORMA DE ENSAYO INV | SUB-BASE GRANULAR | | |
|---|---------------------|-------------------|---------|---------|
| | | CLASE C | CLASE B | CLASE A |
| Dureza (O) | | | | |
| Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación A), máximo (%) | E-218 | 50 | 50 | 50 |
| - 500 revoluciones (%) | | | | |
| Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%) | E-238 | - | 35 | 30 |
| Durabilidad (O) | | | | |
| Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%) | E-220 | 12 | 12 | 12 |
| - Sulfato de sodio | | 18 | 18 | 18 |
| - Sulfato de magnesio | | | | |
| Limpieza (F) | | | | |
| Límite líquido, máximo (%) | E-125 | 25 | 25 | 25 |
| Índice de plasticidad, máximo (%) | E-125 y E-126 | 6 | 6 | 6 |
| Equivalente de arena, mínimo (%) | E-133 | 25 | 25 | 25 |
| Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznales, máximo (%) | E-211 | 2 | 2 | 2 |
| Resistencia del material (F) | | | | |
| CBR (%): porcentaje asociado al valor mínimo especificado de la densidad seca, medido en una muestra sometida a cuatro días de inmersión, mínimo. | E-148 | 30 | 30 | 40 |

Fuente. Especificaciones INVIAS

Tabla 25. Franja granulométrica del material de sub-base granulares (Tabla 320-3)

| TIPO DE GRADACIÓN | TAMIZ (mm / U.S. Standard) | | | | | | | | |
|---|----------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|---------|
| | 50.0 | 37.5 | 25.0 | 12.5 | 9.5 | 4.75 | 2.00 | 0.425 | 0.075 |
| | 2" | 1 1/2" | 1" | 1/2" | 3/8" | No. 4 | No. 10 | No. 40 | No. 200 |
| | % PASA | | | | | | | | |
| SBG-50 | 100 | 70-95 | 60-90 | 45-75 | 40-70 | 25-55 | 15-40 | 6-25 | 2-15 |
| SBG-38 | - | 100 | 75-95 | 55-85 | 45-75 | 30-60 | 20-45 | 8-30 | 2-15 |
| Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±) | 0 % | 7 % | | | 6 % | | | 3 % | |

Fuente. Especificaciones INVIAS

2.2.2.2 Control. Antes, durante y después de realizada la actividad por parte del contratista de obra y con el acompañamiento de la interventoría se efectuó la medición y verificación de los procesos constructivos utilizados; para esto se realizó:

- Supervisión de niveles de la capa de sub-base granular de acuerdo con lo estipulado en el diseño estructural y topografía.
- Condición y manejo del tráfico vehicular establecidas en el plan de manejo de tránsito (PMT) anexo J.
- Elementos de protección en el trabajo de los empleados y operarios de maquinaria pesada que intervinieron en la actividad.
- Supervisión no cuantitativa de la sub-base acopiada en obra, en la cual se realizó una inspección visual del material para que no tuviera material orgánico o sobre tamaños.
- Verificación de estado de la maquinaria dispuesta en obra.
- Verificación de la construcción de las dos capas de sub-base granular.
- Verificación de el espesor de la capa de sub-base granular terminada.
- Verificación del porcentaje arrojado en el ensayo de compactación con cono y arena mayor al 95%.
- Acompañamiento de la medición de las cantidades de obra.

2.2.2.3 Ejecuciones de los trabajos de sub-base granular clase A. Terminado y aprobado el proceso de excavación por parte de la interventoría, con sus respectivas cotas y características, el contratista de obra transportó y acopió el material de sub-base granular hasta el sitio de labores, en el cual se verificó la procedencia del agregado el cual debía ser de la cantera el COSCORRÓN ubicada en municipio de Landázuri puesto que esta cantera cumple con todos los requisitos legales y ambientales del Instituto Nacional De Vías y es la aprobada por interventoría; para poder permitir su descargo y acopio era necesario presentar una orden de despacho (original y copia) para su extendido.

Una vez extendido el material se realizó una verificación no cualitativa donde se buscaron características que no cumplieran con las especificaciones del material como sobre tamaños o contaminación del agregado con material orgánico. Luego se realizó el proceso de extendido teniendo en cuenta que el espesor mínimo de la

capa es de 32 cm compactos por lo cual el contratista asumió un índice de reducción en el volumen instalado del 30%.

Con el material extendido se procedió a su humectación o aireado según la cantidad de humedad que poseía el material, para llegar a la humedad óptima de compactación, posteriormente se realizó el proceso de compactación del material. Terminado este proceso se realizó el ensayo de densidad por parte de la interventoría, los resultados se pueden observar en el anexo D.

De los ensayos realizados por parte del contratista de obra e interventoría se puede concluir que el material de subbase instalado cumplió con los requerimientos del INVIAS; ya que el valor de equivalente de arena obtenido es de 37 % y el requerido del 25 %, estando 7% mejor que el mínimo de la especificación, en los terrones de arcilla y partículas deslucables se tiene un valor máximo de 2 y el material instalado presenta un valor de 0,19. Esta misma comparación se realizó con cada uno de los valores de laboratorio obtenidos frente a los requerimientos presentados en las Tablas 24 y 25.

Por ejemplo al material instalado se le realizó el ensayo de compactación para Proctor del cual se determinó que la humedad óptima para la compactación del material de subbase era de 7,6 %, con y la densidad máxima de 2,168 gr/cm³; el material instalado presentaba un CBR corregido al 95 % de 55,9% el cual es mayor al 40% solicitado en los Requisitos de los agregados para sub-base granulares (Tabla 24).

En la Figura 22 se observa el material de sub-base acopiado y el inicio de la extensión del mismo con la motoniveladora en forma de cordón para llegar a la cota de diseño; en la Figura 23 se observa que una vez extendido el material de subbase se inicia con la compactación; también se observa que una vez terminada la compactación, se realizan los ensayos para verificar la densidad del material.

Figura 22. Trabajos de extensión y compactación de material de sub-base



Fuente. Elaboración propia

Figura 23. Trabajos de compactación y toma de ensayos para material de sub-base



Fuente. Elaboración propia

2.2.2.4 Maquinaria utilizada. Para la ejecución de la actividad de suministro, instalación, humectación o aireación, y compactación de material de sub-base para realizar el bacheo se utilizaron los siguientes equipos y maquinaria:

- Vibro-compactador DYNAPAC CA150-2
- Vibro-compactador Caterpillar C5-533E
- Tanque de agua
- Motoniveladora
- Volquetas

2.2.3 Construcción de Base granular clase A. Este trabajo consistió en el suministro, transporte, instalación, colocación, humedecimiento o aireación, extensión, conformación, compactación y terminado de material de base granular aprobado sobre una superficie preparada, según lo dispuesto en el diseño estructural y el tipo de pavimento empleado en la obra.¹ Para el proyecto de pasantía, los diseños de la estructura de pavimento para la capa de material

¹ INSTITUTO NACIONAL DE VIAS, Ministerio de Transporte. Especificaciones Generales de Construcción para Carreteras. Bogotá: INVIAS, 2013. Art.330-1)

granular de base, contemplaban un espesor compactado de 15 cm los cuales contribuían lo necesario al número estructural del pavimento y su capacidad de soporte.

La interventoría solicitó al contratista de obra la instalación de material de base granular tipo A en una capa, la cual se extiende y compacta con el cilindro vibratorio, para llegar a la compactación deseada de 100% de la densidad máxima de compactación de 2.186 gr/cm^3 obtenida en el proctor. Fue necesario la instalación de material suelto con un espesor aproximadamente de 20 cm y se realizaron 10 recorridos del vibro-compactador de las cuales los 2 primeros recorridos y el ultimo (recorrido numero 10) se realizaron sin utilizar la vibración de la maquinaria puesto que se estaba acomodando el material, para las 7 restantes pasadas se utilizó la vibración permanente.

A diferencia de la capa anterior, en esta capa se utilizó el 70 % de las pasadas con vibración y tan solo el 30 % se utilizó el peso propio del rodillo compactador otras de las posibles causas que se pueden presentar en la variación del proceso constructivo se deben al cambio de operario y a los tramos de prueba realizados antes de la instalación del material de base proveniente de la cantera el Coscorrón del municipio de Landázuri.

2.2.3.1 Especificaciones INVIAS. Los procesos constructivos y los materiales provenientes de estos procesos debieron cumplir con lo estipulado en las especificaciones generales de construcción de carreteras 2013, capítulo tres (3) afirmado, súbbase y bases articulo 330 base granular, Tablas 330-1, 330-2, 330-3.

En la Tabla 26 se observa un ejemplo de los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio realizados al material instalado los cuales fueron comparados con las exigencias del Instituto Nacional De Vías para material de base tipo B que es el presentado en el diseño; en esta tabla se puede observar que el material cumple con los requerimientos por tal motivo la interventoría autorizó su instalación, los reportes entregados por los laboratorios de obra e interventoría encargados de la toma de ensayos se pueden observar en el anexo D.

Tabla 26. Requisitos de los agregados para bases granulares

| CARACTERÍSTICA | NORMA DE ENSAYO INV | BASE GRANULAR CLASE B – NT2 | RESULTADO LAB | CRITERIO DE ACEPTACION |
|---|---------------------|--------------------------------|---------------|---------------------------|
| Dureza (O) | | | | |
| Desgaste, máquina de los Ángeles Máx.(%) 500 revoluciones | E-218 | 40.00 | 23,6 | CUMPLE |
| Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, Máx (%) | E-238 | 30.00 | 8,9 | CUMPLE |
| Durabilidad (O) | | | | |
| Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio, máximo (%) | E-220 | 18.00 | 7,98 | CUMPLE |
| Limpieza (F) | | | | |
| Límite líquido, máximo (%) | E-125 | - | - | - |
| Índice de plasticidad, máximo (%) | E-125 y 126 | 0.00 | 0.00 | CUMPLE |
| Equivalente de arena, mínimo (%) | E-133 | 30.00 | 52 | CUMPLE |
| Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznales, Máx (%) | E-211 | 2 | 0,2 | CUMPLE |
| Geometría de las partículas (F) | | | | |
| Índices de alargamiento y aplanamiento, máximo (%) | E-230 | 35 | 32 | CUMPLE |
| Caras fracturadas, mínimo (%) | E-227 | 70.00 | 100 | CUMPLE |

Fuente. Elaboración propia – Tabla 330 – 2 – Especificaciones INV-13 – Resultados de laboratorio

Según los diseños presentados por el contratista, se tiene una proyección para los 10 años de diseño de $3,8 \times 10^6$ ejes equivalentes de 8.2 toneladas, razón por la cual pertenece a un nivel de tránsito 2 (NT2) lo que indica la instalación de material de base granular clase B pero por facilidad de obtención de materiales y estabilidad de la obra el contratista de obra instaló tipo A.

2.2.3.2 Control. Antes durante y después de realizada la actividad de construcción de capa de base granular clase A por parte del contratista de obra y con el acompañamiento de la interventoría, se procedió a realizar la medición y verificación de los procesos constructivos, materiales, maquinaria, personal, para esto se realizó:

- Supervisión de niveles de la capa de base granular de acuerdo con lo estipulado en el diseño estructural y topografía.
- Supervisión no cuantitativa de la base dispuesta y acopiada en obra.
- Condición y manejo del tráfico vehicular establecidas en el plan de manejo de tránsito (PMT) anexo J.
- Verificación del uso de elementos de protección en el trabajo de los empleados y operarios de maquinaria pesada que intervinieron la actividad de instalación de base granular.
- Verificación de permanencia y estado de la maquinaria dispuesta en obra.
- Verificación de la construcción de la capa de base granular, en esta se revisaron los tres siguientes aspectos:
 - **Compactación:** El proceso de compactación se realizaba una vez se extendía, conformaba y humectaba el material de base; para esto se utilizó un vibro-compactador con el peso y potencia adecuado para dar el grado de compactación exigido por el Instituto Nacional De Vías. Los trabajos se realizaban de afuera hacia adentro de la vía, el porcentaje de compactación se supervisó mediante los ensayos, la información y resultado de este ensayo se pueden observar en el anexo D.
 - **Espesor:** Este proceso fue supervisado por el equipo de interventoría mediante la toma de cotas iniciales (cota sub-base) y las cotas finales al terminar la instalación y compactación de la capa de base granular, realizando el análisis de la diferencia de cotas se halló el espesor de la capa granular de base.
 - **Terminado:** Este proceso es uno de los más importantes para el contratista de obra, ya que en éste se determinó la homogeneidad del tramo, el cual no debía poseer agrietamientos baches o segregación, por lo contrario, debió presentar una superficie con alta consolidación. Así mismo esta capa terminada se debió ajustar a la rasante y pendientes establecidas en los Diseños.
- Toma de ensayos de laboratorio.
- Verificación del porcentaje arrojado en el ensayo de compactación fuese mayor al 100%.
- Acompañamiento de la medición de las cantidades de obra

Los ensayos realizados para el control de la capa granular de base se realizaron antes durante y después de la instalación de material, en estos se determinó el valor corregido al 98% del CBR, obteniendo valores entre 101,2 y 105,2 superando las especificaciones generales de construcción 2013 antes de instalar la capa asfáltica se tomaba densidades por parte del contratista de obra e interventoría, utilizando el método de cono y arena para cada tramo intervenido. Si el tramo no cumplía con las el 100% de la densidad máxima seca este material debía ser escarificado, humectado o aireado para volver a ser compactado.

2.2.3.3 Ejecuciones de los trabajos de Base granular clase A. Una vez terminada la capa inmediatamente anterior (sub-base) y aprobado por parte de la interventoría, se inició el proceso de suministro y transporte del material de base granular, el cual era acopiado en los puntos de instalación, para evitar accidentes y cumplir con lo establecido en el plan de manejo de tránsito se colocaban maletines y se señalizaba con cinta. En la Figura 24 se puede observar que el material de base era transportado en volquetas doble troque con capacidad de 14 m³ y al ser descargado y acopiado se le colocaba su respectiva señalización.

Figura 24. Transporte y acopio material de base



Fuente. Elaboración propia

Con el material de base acopiado en los puntos de instalación, se realizaba una inspección visual en busca de material orgánico o sobre tamaños por parte de la interventoría; de no encontrarse nada que alterara los materiales, se inició con el extendido en forma de cordón iniciando en alguno de los costados y terminando en el otro lado, esto para facilitar la labor de extendido con la motoniveladora.

En la Figura 25 se puede observar cómo se inició la extensión del material de base en costado izquierdo en sentido del abscisado y termina en el lado derecho permitiendo así el movimiento y acomodación de las partículas finas y gruesas que componen la base granular.

Figura 25. Extendido en forma de cordón



Fuente. Elaboración propia

Con el material extendido se procedió a realizar el humedecimiento o aireación según los requerimientos del material hasta obtener la humedad de 7,2% óptima para la compactación según los ensayos de laboratorio realizados en la planta el Coscorrón ubicada en municipio de Landázuri. Para garantizar la humectación total del material se utilizó un tanque en lámina con capacidad de 2000 litros transportado sobre una volqueta doble-troque conectado a un tubo irrigador con una motobomba en la Figura 26 se observa el proceso de humectación del material; para esta actividad se debió cerrar la vía para evitar conflicto u accidentes con los usuarios del corredor vial, esto con la ayuda de controladores de tránsito y siguiendo los planteado en el plan de manejo de tránsito.

Figura 26. Humectación material granular



Fuente. Elaboración propia

Una vez humectado el material se volvió a pasar la motoniveladora dos o tres veces para mezclar las partículas secas y húmedas, con el proceso de combinación del material terminado se extendió nuevamente la capa granular de base para iniciar con el respectivo proceso de conformación; el cual consistía en nivelar el material con la ayuda de la cuchilla de la moto niveladora y dejar el material lo más cercano a la cota del diseño cuando este sea compactado.

En la Figura 27 se puede observar como con la motoniveladora se extiende el material para llegar a las cotas de diseño; el material sobre pasa la cota de diseño puesto que aún se encuentra en su estado suelto.

Figura 27. Conformación material de base



Fuente. Elaboración propia

Conformada la capa se verificaron los niveles y cotas, las cuales estaban señalados por la topografía realizada por cada una de las comisiones dispuestas por contratista de obra e interventoría respectivamente; con esta verificación de cotas y niveles se inició con el proceso de compactación del material, con un vibro-compactador que tiene un peso aproximado de 10 toneladas.

En la Figura 28 se observa que el paso del compactador sobre la capa de material de base es repetido hasta obtener la densidad, homogeneidad y cota deseada, si se realiza una comparación entre la Figura 27 y 28 se observa como el nivel del material de base desciende con el paso del vibro-compactador hasta llegar a la cota de diseño.

Figura 28. Compactación material de base conformado y humedecido



Fuente. Elaboración propia

Una vez se terminó de compactar la capa de base, interventoría verificó la densidad de compactación de la capa mediante el ensayo de cono y arena del cual se tomaban entre una y cuatro muestras por cada lote o sección para ser aceptada o rechazo. La interventoría también toma la topografía de la capa instalada para verificar que lo ejecutado corresponde a los diseños, en la Figura 29 se muestra la toma de topografía y ensayos de cono y arena para el control y aprobación de la capa de base construida.

Figura 29. Toma de densidades y topografía



Fuente. Elaboración propia

2.2.3.4 Maquinaria utilizada. Para la ejecución de la actividad de suministro, transporte, instalación, humectación o aireación, y compactación de material de base para realizar el bacheo se utilizó la siguiente maquinaria y equipos:

- Vibro-compactador DYNAPAC CA150-2
- Vibro-compactador CATERPILLAR C5-533E
- Tanque de agua
- Motoniveladora
- Volquetas

La maquinaria utilizada para las actividades de base es la misma que la utilizada en la sub-base puesto que los procesos constructivos son idénticos la única variación que se encuentra entre ellos son las características, calidad y exigencias del Instituto Nacional de Vías para cada uno de los materiales.

2.2.4 Mezcla densa en caliente. El trabajo consistió en suministro, transporte, colocación y compactación de una o más capas de mezcla asfáltica de gradación continua, preparada e instalada en caliente (concreto asfáltico), la cual debió cumplir los lineamientos y especificaciones del Instituto Nacional de Vías, además garantizar las cotas, secciones, y espesores indicados en los diseños, planos o determinados por el interventor.² Para la capa de rodadura (MDC-19) los diseños presentados por el contratista de obra y aprobados por interventoría contemplaban una capa con espesor de 15 cm las cuales se dividieron en 2 capas; para cumplir con este espesor el contratista de obra debió instalar una capa de material suelto de aproximadamente 18,9 cm de MDC-19. Para la verificación de la compactación de esta mezcla la interventoría considera un rango de aceptación entre el 97% y 102% de la densidad Marshall, esto por recomendación del especialista en pavimentos.

2.2.4.1 Especificaciones INVIAS. La mezcla densa en caliente (MDC-19) instalada se le realizaron los ensayos de laboratorio estipulados en las especificaciones generales de construcción de carreteras 2013, capítulo cuatro (4) PAVIMENTO ASFÁLTICO artículo 450 mezcla asfáltica en caliente de gradación continua. Los resultados de los ensayos realizados para la aceptabilidad de la mezcla asfáltica se pueden observar en el anexo D, estos valores se compararon con los valores exigidos en el artículo 450.

Un ejemplo de los controles que se efectuaban en la mezcla es el tramo ubicado entre los PR 44+803 al PR 44+850 donde se evidencio la segregación de la mezcla instalada, razón por la cual la interventoría realiza la toma de 3 núcleos; para establecer las posibles causas técnicas de la presencia de fallas en la mezcla asfáltica; adicional a esto establecer si los deterioros se seguirían presentando en el proyecto. Una vez se tomó los núcleos se llevaron al laboratorio de la interventoría para realizarle los ensayos de gradación, extracción de asfalto, peso específico y rice (Anexo D).

² INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Ministerio de Transporte. Especificaciones Generales de Construcción para Carreteras. Bogotá: INVIAS, 2013. p. 450-1.

Los resultados de los ensayos realizados a la mezcla densa en caliente (MDC-19) se presentan en la Tabla 27.

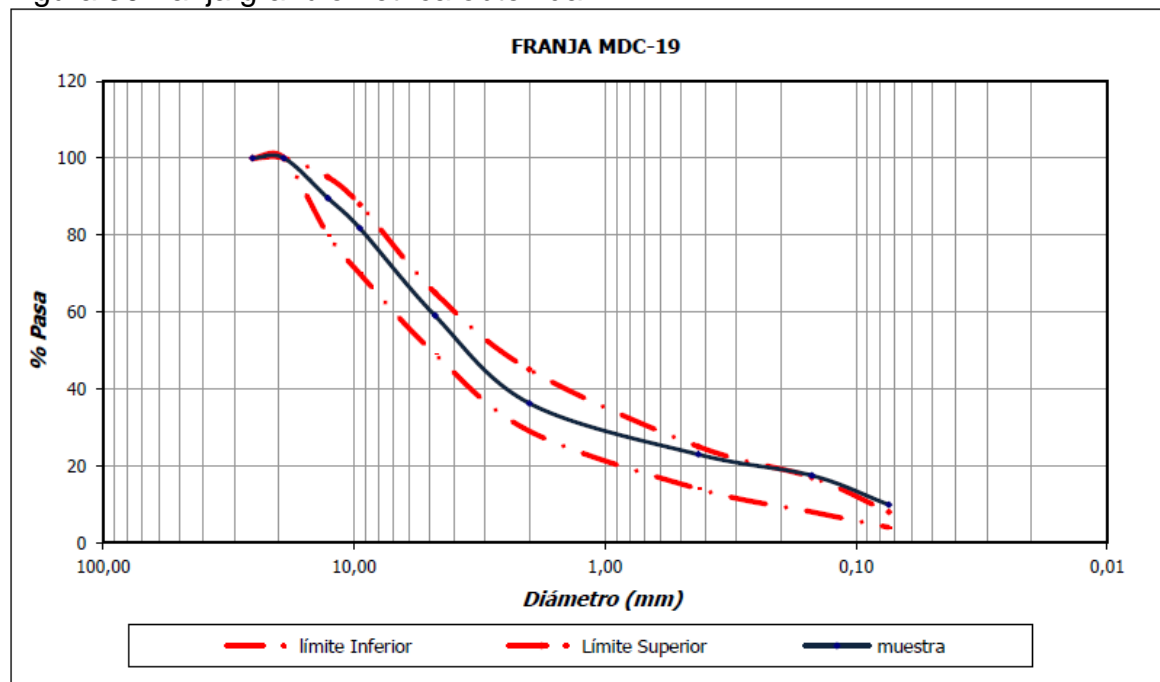
Tabla 27 resultados ensayos realizados

| Ensayo realizado | Valor obtenido |
|--|----------------|
| Extracción de asfalto que el contenido del asfalto | de 4.5 % |
| Franja granulométrica de la muestra | |
| Peso específico | 5,10 y 6,55 |
| Rice | 2,461. |

Fuente. Elaboración propia

La franja granulométrica obtenida se presenta en la Figura 30.

Figura 30 franja granulométrica obtenida



Fuente. Elaboración laboratorio FEF GEOINGENIERIA S.A.S

De los resultados se puede concluir que de la extracción de asfalto, el contenido del asfalto era de 4.5 %, la franja granulométrica de la muestra se encontraba sobre el límite superior en los materiales finos, los resultados del peso específico demuestran que los vacíos con aire de las tres mezclas oscilan entre 5,10 y 6,55, del ensayo de rice se obtuvo que el pesos específico máximo medio (G_{mm}), a 25 °C es de 2,461 estos valores no cumplían con la muestra aprobada inicialmente por la interventoría.

Con base en los valores obtenidos de los ensayos realizados se indican algunos problemas potenciales que podría presentar la mezcla asfáltica; entre estos pueden ser segregación, reducción de su vida útil reflejada en deterioros prematuros de la estructura de pavimento. La interventoría determinó que la capa asfáltica debía ser fresada y remplazada; señalando de forma general que se pueden presentar problemas constructivos como:

- Falta de ligante asfáltico entre la capa del pavimento.
- Problemas en el extendido, mezclado y compactación de bases estabilizadas.
- Problemas en el proceso productivo de la mezcla asfáltica.
- Cambio de la fuente de agregados

Realizando un análisis entre los resultados de los ensayos de laboratorio ejecutados a la mezcla instalada el día que se presentó la segregación, con los otros días se puede evidenciar, la reducción en el contenido de asfalto, la cual puede ser la causas principal que llevarían al desarrollo de deterioros tales como bajo cubrimiento del agregado (por la poca cobertura de asfalto), desprendimiento de agregado (por la insuficiente cantidad de ligante), formación de baches (como evolución al desprendimiento) además de una eventual pérdida de la capacidad estructural de la mezcla.

2.2.4.2 Controles. Antes durante y después de realizada la actividad por parte del contratista de obra y con el acompañamiento de la interventoría se procedió a efectuar la medición y verificación de los procesos constructivos utilizados, para esto se realizó:

- Verificación de homogeneidad y compactación de la capa granular anterior.
- Condición y manejo del tráfico vehicular establecidas en el plan de manejo de tránsito (PMT) anexo J
- Verificación del uso de elementos de protección en el trabajo de los empleados y operarios de maquinaria pesada que intervinieron la actividad de instalación de base granular
- Verificación de permanencia y estado de la maquinaria dispuesta en obra.
- Se toma y miden las cantidades de mezcla asfáltica, liga e imprimación, aplicadas en cada sector las cuales se encuentran en el anexo E
- Verificación de la construcción de la carpeta asfáltica, en esta se revisaron los siguientes aspectos: Supervisar el calentamiento de la emulsión asfáltica para el riego de imprimación. Se supervisó con termómetro manual y digital la temperatura de llegada de la mezcla asfáltica al lugar de instalación, la cual debía estar entre 110 °C - 140 °C. Si la mezcla presentaba una temperatura inferior a 110 °C, se rechazaba por parte de la interventoría. Se supervisó la temperatura de compactación de la mezcla, la cual se debía encontrar entre

100°C. y 110°C, para evitar la segregación y comprobar que la mezcla no presenta fluidez extrema al aplicarse una carga. Se toman muestras de laboratorio para controlar la calidad de la mezcla densa en caliente MDC-19. Se supervisó el espesor de la capa de rodadura del pavimento exigido en el diseño estructural junto con la altura de asentamiento de la mezcla asfáltica.

- Se supervisó que la carpeta cumpliera con las normas INVIAS para la aceptación de la carpeta.
- Acompañamiento de la medición de las cantidades de obra

2.2.4.3 Ejecuciones de los trabajos de instalación de MDC-19. Una vez la interventoría aceptó y aprobó la capa inmediatamente anterior (Base Granular), la cual cumplió con los requisitos de nivelación, compactación, densidad óptima y uniformidad, el contratista de obra inicio el proceso de barrido y soplado de la capa de base, para esta actividad se empleó el compresor de aire sulldan.

En la Figura 31 se observa como el operario del soplador marca sulldan realiza el soplado de la capa de base para eliminar las partículas de polvo y material fino que se encuentran sobre la capa.

Figura 31. Proceso de barrido y soplado de capa de base



Fuente. Elaboración propia

Con la capa limpia de polvo y material fino suelto, el contratista de obra realizó el riego de imprimación utilizando el irrigador de asfalto; para el riego de imprimación se utilizó emulsión asfáltica de rotura lenta CRL-1 extendida uniformemente. Debido a que se presentaba una capa con material de gradación densa y la emulsión de rotura lenta presenta baja viscosidad, la reacción entre estas fue la óptima para la posterior instalación de la carpeta asfáltica MDC-19.

En la Figura 32 se ve el proceso constructivo empleado para el riego de imprimación, este proceso consistió en diluir la emulsión asfáltica de rompimiento lento con agua en relación 1:1 e introducir la emulsión asfáltica de rompimiento

lento diluida en el tanque del irrigador el cual tiene una capacidad aproximada de 330 galones, esta emulsión se calentó en 35 minutos y fue esparcida uniformemente en la totalidad del tramo intervenido; para evitar la aplicación excesiva o insuficiente el contratista de obra planteo un rendimiento aproximado de 2 m² por cada litro de emulsión.

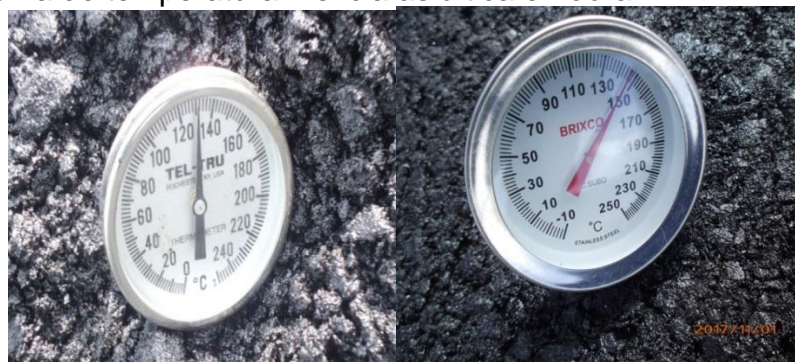
Figura 32. Suministro e instalación de riego de imprimación (CRL - 1)



Fuente. Elaboración propia

Según los diseños y plantas autorizadas por la interventoría el suministro de la mezcla densa en caliente MDC-19, debió realizarse de la planta de asfalto la Libertad ubicada en la vereda Churubita en el municipio de Samacá - Boyacá. El cargue y transporte de la mezcla desde la planta hasta los sitios de instalación fue responsabilidad y asumido económicamente por parte del contratista de obra, ya que en el APU de mezcla densa en caliente tipo MDC-19 presentado y aprobado por interventoría se contempló el transporte. Al llegar la mezcla densa en caliente a la obra se verificó la procedencia solicitando los desprendibles de salida de la planta, una vez verificada su procedencia se toma la temperatura con un termómetro manual el cual se introducía en la mezcla que se encontraba en la volqueta como se puede observar en la Figura 33.

Figura 33. Toma de temperatura mezcla asfáltica en obra



Fuente. Elaboración propia

Verificada y aprobada la mezcla asfáltica por parte de la interventoría se procedió a realizar el descargue en la tolva de la finisher, a la cual se le había calibrado el ancho de calzada, espesor de la capa por medio de los tornillos micrométricos según diseño estructural del pavimento, actividades que se había realizado con anterioridad.

En la Figura 34 se observa el proceso de descargue de la mezcla asfáltica del platón de la volqueta a la tolva de la finisher este procedimiento se realizó utilizando el sistema hidráulico de descarga de la volqueta.

Figura 34. Vaciado de mezcla asfáltica en finisher



Fuente. Elaboración propia

Estando la mezcla dispuesta en la tolva de la finisher se inició con el extendido; se realizó por carril avanzando longitudinalmente del borde al interior de la calzada, con lo cual se garantiza el bombeo y peraltes planteados en el diseño. Los sobrantes de material se retiraron de la vía con pala o rastrillo como se puede observar en la Figura 35; solo se intervenía un carril puesto que se debió garantizar el paso de los usuarios de la vía según lo planteado en el plan de manejo de tránsito (Anexo J).

Figura 35. Extendida mezcla asfáltica



Fuente. Elaboración propia

El proceso de compactación se realizó siguiendo la longitud de la vía del borde hacia dentro, como se muestra en la Figura 36 y en curvas peraltadas del interior hacia el peralte. Este proceso se realizó con vibro-compactador de cilindro y con peso de 10 toneladas para obtener la compactación de la mezcla.

Figura 36. Compactación mezcla asfáltica



Fuente. Elaboración propia

Posterior a la compactación con el vibro-compactador de cilindro, se realizó el sello de la mezcla asfáltica para la reducción de la permeabilidad superficial, este sello se realizó utilizando el compactador sobre neumáticos.

En la Figura 37 se observa el vibro compactador neumático sellando la capa asfáltica; para el uso de este compactador se roció agua a los neumáticos puesto que los aglomerados quedaban pegados en ellos mientras se instalaban los protectores de neumáticos, que limpian el material adherido al caucho y evitan la pérdida de temperatura.

Figura 37. Compactación mezcla asfáltica con vibro-compactador neumático



Fuente. Elaboración propia

una vez instalada y compactada la carpeta asfáltica se procedió a realizar la demarcación horizontal con pintura de gran resistencia a las inclemencias del clima; se le adicionó micro esferas de vidrio con granulometría controlada las cuales se utilizaron para lograr un alto índice de reflectancia . En el anexo F se presenta el registro fotográfico de los procesos realizados en cada uno de los tramos intervenido.

2.2.4.4 Maquinaria utilizada. Para la ejecución de la actividad de suministro, transporte, instalación y compactación de mezcla densa en caliente para realizar el bacheo se utilizó la siguiente maquinaria y equipos:

- Compresor para soplado y barrido
- Irrigador de asfalto
- Terminadora de asfalto
- Vibro-compactador DYNAPAC CA150-2
- Compactador neumático

3. MEJORAMIENTO DE CARPETA ASFÁLTICA (PARCHEO)

Como el proyecto en su objeto contemplaba el mantenimiento y rehabilitación del tramo entre Landázuri y Barbosa (PR 0+000 AL PR 70+674) se realizó el parcheo de la carpeta asfáltica tan sólo en el tramo Vélez-Landázuri, puesto que la carpeta asfáltica entre Barbosa y Vélez aún se encuentra amparada por la garantía de estabilidad del contrato anterior.

3.1 SELECCIÓN DE TRAMOS A INTERVENIR

Para la selección de los tramos a intervenir se realizó una visita conjunta entre los residentes de obra y residente de interventoría, los cuales realizaron una inspección visual e inventario de los daños que se encontraban en la carpeta asfáltica, unos de los daños más presentados fueron:

- Fisuras longitudinales
- Fisuras transversales
- Fisuras en media luna
- Fisuras de borde
- Piel de cocodrilo
- Daños superficiales
- Deformaciones

En la Figura 38 se presenta un ejemplo de los daños encontrados, en esta se puede observar falla de cocodrilo y una falla en forma de media luna con hundimiento del suelo que soporta la estructura de pavimento.

Figura 38. Ejemplo de daños encontrados



Fuente. Elaboración propia

Se delimitaron los daños encontrados en la capa asfáltica, para ser aprobados por parte de los especialistas en pavimentos y/o vías de interventoría y obra, quienes aprobaron 88 de los 134 lugares demarcados inicialmente por los residentes como se observa en la Figura 39 donde se presentan ejemplos de la visita realizada y demarcación de posibles tramos a intervenir.

Figura 39. Demarcación zonas a intervenir



Fuente. Elaboración propia

Con el recorrido entre los residentes y especialistas de obra e interventoría, se definieron los lugares en los cuales se presentaban los mayores daños en la carpeta asfáltica y debían ser intervenidos con prioridad para mantener la serviciabilidad y transitabilidad; además de proteger la estructura existente y la sub-rasante, el listado de los tramos definidos y aprobados por interventoría se presenta en la Tabla 28.

Cabe resaltar que al inicio de la pasantía el 09 de octubre de 2017 se estaba iniciando con los recorridos para definir los tramos a intervenir; en el tiempo de duración de la pasantía se realizó el acompañamiento a los recorridos para definir los problemas presentados en el tramo y la supervisión de diferentes actividades, necesarias para el mantenimiento y mejoramiento de la carpeta asfáltica existente.

Tabla 28. Listado de parches

| | | | | | | | | | |
|----|--------|----|--------|----|--------|----|--------|----|--------|
| 1 | 34+818 | 21 | 38+715 | 41 | 43+340 | 61 | 45+140 | 81 | 46+540 |
| 2 | 34+874 | 22 | 39+450 | 42 | 43+375 | 62 | 45+318 | 82 | 46+660 |
| 3 | 34+964 | 23 | 39+950 | 43 | 43+395 | 63 | 45+340 | 83 | 46+760 |
| 4 | 34+975 | 24 | 39+999 | 44 | 43+420 | 64 | 45+365 | 84 | 46+900 |
| 5 | 35+050 | 25 | 40+050 | 45 | 43+440 | 65 | 45+405 | 85 | 48+050 |
| 6 | 35+100 | 26 | 40+350 | 46 | 43+500 | 66 | 45+460 | 86 | 48+110 |
| 7 | 35+225 | 27 | 41+300 | 47 | 43+590 | 67 | 45+475 | 87 | 48+170 |
| 8 | 35+245 | 28 | 41+400 | 48 | 43+650 | 68 | 45+520 | 88 | 48+190 |
| 9 | 35+275 | 29 | 41+500 | 49 | 43+780 | 69 | 45+550 | | |
| 10 | 35+300 | 30 | 41+650 | 50 | 43+933 | 70 | 45+620 | | |
| 11 | 35+600 | 31 | 41+730 | 51 | 43+997 | 71 | 45+675 | | |
| 12 | 35+635 | 32 | 42+132 | 52 | 44+100 | 72 | 45+748 | | |
| 13 | 35+645 | 33 | 42+200 | 53 | 44+446 | 73 | 45+776 | | |
| 14 | 35+719 | 34 | 42+375 | 54 | 44+520 | 74 | 45+980 | | |
| 15 | 35+811 | 35 | 42+640 | 55 | 44+580 | 75 | 46+090 | | |
| 16 | 36+000 | 36 | 42+785 | 56 | 44+685 | 76 | 46+136 | | |
| 17 | 36+687 | 37 | 42+815 | 57 | 44+720 | 77 | 46+325 | | |
| 18 | 36+728 | 38 | 43+150 | 58 | 44+760 | 78 | 46+350 | | |
| 19 | 36+777 | 39 | 43+200 | 59 | 44+798 | 79 | 46+413 | | |
| 20 | 37+290 | 40 | 43+255 | 60 | 45+100 | 80 | 46+453 | | |

Fuente. Elaboración propia

3.2 ACTIVIDADES SUPERVISADAS EN EL REMPLAZO DE LA CARPETA ASFÁLTICA O PARCHEO.

Esta actividad consiste en la remoción parcial o total de la capa asfáltica de un pavimento, siguiendo los alineamientos, cotas y espesores indicados en los planos y documentos del proyecto; para este proyecto la interventoría determinó que se debía remover la carpeta asfáltica total la cual tenía un espesor aproximado de 15 centímetros.

3.2.1 Especificaciones INVIAS. La mezcla se comparó con los ensayos de laboratorio estipulados en las especificaciones generales de construcción de carreteras 2013, capítulo cuatro (4) pavimento asfáltico artículo 450 mezcla asfáltica en caliente de gradación continua. Los resultados de los ensayos realizados para la aceptabilidad de la mezcla asfáltica se pueden observar en el anexo D.

3.2.2 Controles. Antes durante y después de realizada la actividad por parte del contratista de obra y con el acompañamiento de la interventoría, se procedió a efectuar la medición y verificación de los procesos constructivos utilizados, para esto se realizó:

- Inspección y ensayos de laboratorio para determinar las condiciones en las que se encuentra la estructura existente.
- Condición y manejo del tráfico vehicular establecidas en el plan de manejo de tránsito (PMT) anexo J
- Verificación del uso de elementos de protección en el trabajo de los empleados y operarios de maquinaria pesada que intervinieron la actividad de instalación de mejoramiento de la carpeta asfáltica utilizando parche
- Verificación de permanencia y estado de la maquinaria dispuesta en obra
- Supervisión en la cotas iniciales y finales del material fresado
- Supervisar el calentamiento de la emulsión asfáltica para el riego de imprimación
- Se supervisó con termómetro manual y digital la temperatura de llegada de la mezcla asfáltica al lugar de instalación, la cual debía estar entre 110 °C - 140 °C. Si la mezcla presentaba una temperatura inferior a 110 °C esta mezcla era rechazada por parte de la interventoría
- Se supervisó la temperatura de compactación de la mezcla, la cual se debía encontrar entre 100°C. y 110°C, para evitar la segregación y comprobar que la mezcla no presenta fluidez extrema al aplicarse una carga.
- Se toman muestras de laboratorio para controlar la calidad de la mezcla densa en caliente MDC-19
- Se supervisó que la carpeta cumpliera con las normas INVIAS para la aceptación de la carpeta.

- Se toma y miden las cantidades de mezcla asfáltica, liga e imprimación, aplicadas en cada sector las cuales se encuentran en el anexo E

3.2.3 Ejecuciones de los trabajos de fresado. Una vez seleccionados los tramos a intervenir por parte del contratista de obra y aprobado por la interventoría, se inició con la demarcación de la zona a fresar con pintura para delimitar las dimensiones del tramo a intervenir. En la Figura 40 se presenta un ejemplo de las zonas a intervenir delimitadas con pintura.

Figura 40. Demarcación de tramos aprobados para fresar



Fuente. Elaboración propia

Una vez terminada la demarcación se tomó topografía de cada una de las zonas para iniciar con el proceso de barrido y soplado como se presenta en la Figura 41, ya que el material fresado no debe contener impurezas o contaminantes.

Figura 41. Soplado de la carpeta asfáltica para fresar



Fuente. Elaboración propia

Con la carpeta asfáltica limpia se procedió a fresar la carpeta de rodadura existente; para esto se utilizó la fresadora en frío Winter w 130 fi quien rompe y carga los sobrantes a una volqueta por medio de un tambor de corte con púas de corte y banda transportadora.

En la Figura 42 se observa el proceso de fresado de la carpeta asfáltica para este proceso se utilizó una fresadora la cual por medio de la banda transportadora carga el material a la volqueta

Figura 42. Fresado y cargue de la carpeta asfáltica existente



Fuente. Elaboración propia

El material de fresado que fue cargado en las volquetas se llevó al lugar dispuesto por el municipio para su acopio ya que este material le pertenece al Instituto Nacional de Vías, quien realizó un convenio con la alcaldía municipal de Vélez para ser usado en el mejoramiento de las vías y tramos del municipio que necesitaban conformación o mantenimiento de la capa existente.

En la Figura 43 se puede observar el proceso completo de descargue y acopio del material de fresado; el 60% del total de material fresado quedo a disposición de la alcaldía municipal de Vélez para ser utilizado en los mantenimientos de las vías terciarias o secundarias, el otro 40% fue utilizado por el contratista de obra para el mejoramiento de los tramos que presentan fallas geológicas como la presentada en el PR 39+400 lugar conocido como la herradura, donde se presenta un movimiento masivo de tierras y el PR 20+120 la Marranera; el mantenimiento de estos tramos consistió en el suministro de material de fresado para ser usado como capa de rodadura; este material se acopio, extendió, conforó y compacto en varias capas hasta tener un espesor aproximado de 25 centímetros, los sectores se atendieron 3 veces en el tiempo de duración del contrato de obra para garantizar la movilidad en condiciones de seguridad y comodidad de los usuarios

Figura 43. Transporte y acopio de material de fresado



Fuente. Elaboración propia

Con la terminación del proceso de fresado la interventoría realizó la toma de topografía, con la cual se verificó el espesor, longitud y ancho de la capa de rodadura que fue retirada, si el espesor removido era más de 5 milímetros de los 15 centímetros aprobados inicialmente el contratista de obra asumía los valores económicos del material extra a instalar

En la Figura 44 se observa un ejemplo de los tramos a los cuales se les realizó el proceso de fresado para realizar el parcheo, como es evidente en las Figuras se nota la diferencia de nivel y los cortes realizados por la fresadora, junto a esto se aprecia material fino que por su granulometría no fue levantado para su transporte. Al ser verificados los espesores y cotas contemplados en los diseños del proyecto, el contratista de obra procedió a romper la capa existente para realizar los empalmes entre el nuevo concreto asfáltico y el existente, después de esto se inició el barrido y soplado de la superficie intervenida anteriormente, para ello se utilizó el compresor de aire sulldan, al encontrarse la capa anterior libre de polvo y materiales contaminantes (material fino proveniente del fresado), se realizó el riego de imprimación con emulsión de rotura lenta, posterior a este proceso se inició con el suministro, de la mezcla densa en caliente (MDC-19) a la tolva de la finisher para su extendido y compactación; siguiendo los mismos pasos descritos anteriormente en el numeral 2.2.4.3 ejecución de los trabajos de instalación de MDC-19 con la variación que este proceso se realizó en áreas más pequeñas, por lo tanto el rendimiento de maquinaria y personal no es el mismo; por el bajo rendimiento la mezcla asfáltica se pagó con el ítem número 11 del acta parcial de obra “MEZCLA DENSA EN CALIENTE TIPO MDC-19 PARA BACHEO” (ver anexo E).

Figura 44. Resultado del proceso de fresado



Fuente. Elaboración propia

3.2.4 Maquinaria utilizada. Para la ejecución de la actividad de fresado, suministro, transporte, instalación y compactación de mezcla densa en caliente para realizar el parcheo o remplazó de la capa asfáltica se utilizaron los siguiente equipos y maquinaria.

- Compresor para soplado y barrido
- Irrigador de asfalto
- Terminadora de asfalto
- Vibro-compactador DYNAPAC CA150-2
- Compactador neumático
- Retro-excavadora
- Fresadora marca WINTER W 130 FI

4. ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN (MUROS)

En el inventario de las condiciones iniciales de la vía se planteó la construcción de muros de contención, debido a las condiciones presentadas como: presencia constante de material de derrumbe, afectación por erosión en el talud inferior ocasionando la pérdida de la estructura del pavimento existente; en otros tramos se observó asentamiento de la banca en falla de tipo media luna. Para dar solución a los problemas de estabilidad presentados en el tramo se propuso la construcción de muros de contención con anclaje sobre roca, y otros sobre caisson cimentados a diferentes profundidades y empotrados a la roca 2 metros.

4.1 SELECCIÓN DE TRAMOS A INTERVENIR

Se realizó una visita técnica por parte de los especialistas en geología y estructuras de obra e interventoría, los cuales determinaron los puntos más críticos para la construcción de los muros de contención; según lo encontrado en esta visita se eligieron varios puntos críticos de los cuales en este trabajo se plasman solo dos, ya que las características y procesos constructivos recogen la totalidad de las actividades ejecutadas.

- PR 55+581: En este punto se presentó afectación a la calzada por pérdida de la banca generada posiblemente por la infiltración y mal manejo de las aguas provenientes de la ladera superior; para este se recomendó la implementación de obras de drenaje que permitan garantizar la durabilidad y estabilidad del muro de contención. En la Figura 45 se presenta el estado inicial donde se va a construir el muro de contención.

Figura 45. Pérdida de banca PR 55+585



Fuente. Elaboración propia

PR 41+080: En este sitio crítico se presentó una afectación por erosión en el talud inferior. Hasta el momento de intervención no se presentaba pérdida de banca, pero existía el riesgo; se sugirió la implementación de un muro de contención con anclaje transversal. En la Figura 46 se observa que la calzada corre riesgo de deslizamiento y pérdida de la estructura de pavimento razón por la cual se demarca con cinta mientras se inició la construcción del muro que estabilizara y garantizar la transitabilidad.

Figura 46. Erosión en talud inferior



Fuente. Elaboración propia

- PR 41+100: En este punto se presentó pérdida de la banca y la carpeta asfáltica por la erosión en el talud inferior; como recomendación se sugirió la construcción de un muro de contención con anclajes transversales de aproximadamente 12 metros para recuperar y estabilizar este sitio.

En la Figura 47 se observa la pérdida de la estructura de pavimento por la falla geológica además de esto se observa los espesores y material que compone cada una de las capas granulares de la estructura de pavimento.

Figura 47. Erosión en PR 41+100



Fuente. Elaboración propia

- PR 41+800: en este punto se presentó saturación en las capas granulares del pavimento, debido a las aguas de infiltración; además se observó un proceso de remoción de masas suspendido y deslizamientos producto de los procesos secundarios, ocasionando un proceso de inestabilidad compuesto y con múltiples superficies de falla. Como recomendación para estabilizar este tramo se tiene construcción de drenes de penetración para controlar el subdrenaje, recanalización de los cursos de agua para evitar la reinfiltración, realizar una reconfiguración morfológica de la ladera de manera que permita una reducción de los empujes, aumentar la profundidad del filtro, obras complementarias de captación de aguas de escorrentía para ayudar a mantener controladas las tasas de desplazamiento y la construcción de muro de contención con caisson.

A continuación, se presenta en la Figura 48 los lóbulos de acumulación en forma de lengua que indican un alto contenido de humedad en su depósito; estos se hallan en el talud derecho.

Figura 48. Lóbulos de acumulación



Fuente. Elaboración propia

En la Tabla 29 se presenta el listado de sitios críticos definidos para la construcción de muros de contención

Tabla 29. Listado de muros

| Tramo | Características |
|-----------|--|
| PR 62+000 | Muro en concreto de 3000 psi para sostener material de derrumbes |
| PR 55+585 | Muro en concreto de 3000 psi, con caisson de 8 m de profundidad |
| PR 41+080 | Muro en concreto de 3000 psi con anclajes transversales de 11 m |
| PR 41+100 | Muro en concreto de 3000 psi con anclajes transversales de 13 m |
| PR 41+800 | Muro en concreto de 3000 psi, con caisson de 12 m de profundidad |

Fuente. Elaboración propia

4.2 ACTIVIDADES SUPERVISADAS EN LA CONSTRUCCIÓN DE MUROS DE CONTENCIÓN.

En el tiempo de duración de la pasantía se realizó la supervisión de diferentes actividades necesarias para construcción de estructuras de contención con diferentes anchos, longitudes y espesores; los diseños varían según las necesidades presentadas en el terreno. En el proyecto se construyeron 5 muros de contención en los cuales se realizó el acompañamiento por parte de la interventoría; se observó que los procesos y actividades constructivas no varían mucho por tal motivo se seleccionan los muros ubicados en el PR 41+800 para dar una descripción del proceso constructivo y PR 41+080 para incluir el proceso de instalación de anclajes transversales.

4.2.1 Excavación mecánica para construcción de muros. Esta actividad consistió en la excavación manual o con maquinaria, remoción, cargue y transporte del material existentes en la zona de construcción de la estructura de contención, hasta su lugar de disposición final en la zona de manejo de escombros y material de excavación (zodme), acopio ubicado en el PR 40+900 lugar dispuesto como zona de relleno; la excavación está sujeta a las cotas de la estructura de contención.

4.2.1.1 Especificaciones INVIAS. Los procesos constructivos y los materiales provenientes de estos procesos deben cumplir con lo estipulado en las especificaciones generales de construcción de carreteras 2013, capítulo 6 ESTRUCTURAS Y DRENAJES artículo 600 excavaciones varias.

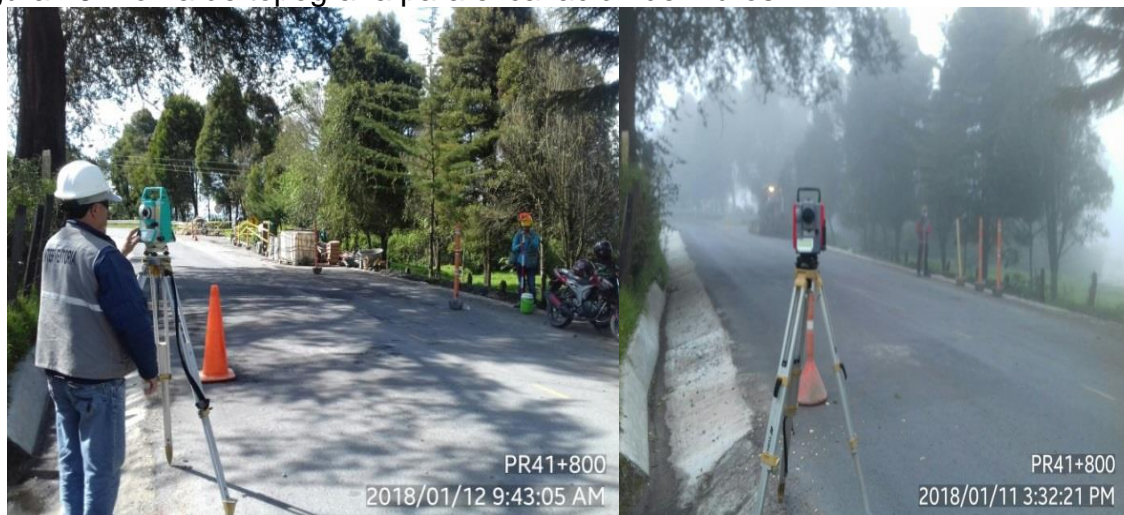
4.2.1.2 Control. Antes durante y después de realizada la actividad por parte del contratista de obra y con el acompañamiento de la interventoría, se procedió a realizar la medición y verificación de los procesos constructivos utilizados en las siguientes actividades:

- Demarcación y excavación de cotas según los diseños y dimensiones de las estructuras de contención.
- Condición y manejo del tráfico vehicular establecidas en el plan de manejo de tránsito (PMT) anexo J.
- Elementos de protección en el trabajo de los empleados y operarios de maquinaria pesada que intervinieron la actividad de excavación.
- Condición de la maquinaria dispuesta en obra para el cague y transporte del material proveniente de la excavación
- Cantidades de obra según los ítems de: excavación en roca de la explanación y canales (m^3), excavación en material común de la explanación y canales (m^3)

4.2.1.3 Ejecuciones de los trabajos. Previamente al inicio de la excavación por parte del contratista, se realizó un levantamiento topográfico por parte del contratista e interventoría en los cuales se determinaron y marcaron las cotas para realizar la excavación adecuada y no sobre pasar las cantidades planteadas en el diseño; los bodes de la exacción se delimitaron con estacas.

En la Figura 49 se observa la toma topografía para la construcción del muro de contención ubicado en el PR 41+800, la estación total verde perteneció a la comisión de topografía de interventoría y la roja a la comisión de topografía del contratista de obra

Figura 49. Toma de topografía para excavación de muros



Fuente. Elaboración propia

Con la toma de topografía y demarcadas las zonas, a excavar se inició con la actividad de excavación por parte de la empresa EQUIPO Y TRITURADOS S.A.S la cual consistió en la remoción de material sin clasificar con personal (excavación manual) o retroexcavadora sobre orugas y llantas (excavación con maquinaria), las cuales cargaban el material de la excavación a volquetas para ser transportado al zodme como se muestra en la Figura 50.

Figura 50. Excavación para muro de contención



Fuente. Elaboración propia

Una vez terminado este proceso, se supervisó que los niveles que entregó el contratista cumplieran con los niveles establecidos en el diseño estructural. Para esta actividad el contratista de obra presentó algunas dificultades como: factores climáticos, daño en la maquinaria utilizada y días festivos las cuales retrasaron en 0.2% en la ejecución programada en el formato INVIAS MINFRA-MN-IN-6-FR-1 programa de inversiones o reprogramación al programa de inversiones anexo C.

4.2.1.4 Maquinaria utilizada. Para la ejecución de la actividad de excavación para estructuras de contención se utilizaron los siguientes equipos y maquinaria:

- Retroexcavadora sobre llantas
- Retro cargador sobre llantas
- Retroexcavadora sobre orugas

4.2.2 Construcción de caisson. Una vez realizado el retiro de material para la zarpa, se procedió a realizar la cimentación profunda que consistía en 5 caisson con profundidad de 12 metros y diámetro de 1,20 metros lo cual permitía que los operarios trabajaran en estos espacios; la ejecución de los trabajos se realizó mediante pre-excavación manual.

4.2.2.1 Ejecuciones de los trabajos para la construcción de caisson. Para la construcción de los caisson se inició el proceso de replanteo con la ayuda de la topografía, localización y nivelación realizada en la actividad anterior, para esto se definen los ejes establecidos en los planos estructurales del muro de contención. El proceso de construcción de caisson se compone de varias actividades las cuales se presentan a continuación.

4.2.2.1.1 Excavación de caisson. El proceso inicio con la remoción de la capa vegetal (descapote); para esta actividad se utilizó personal, herramientas manuales y mecánicas como el mashin; el proceso realizado consistió en excavar y retirar el material del lugar de intervención con palas, baldes y molinetes manuales. Con el avance en la profundidad de excavación la interventoría realizaba la inspección visual y toma de muestras alteradas del suelo para corroborar la precisión del estudio de suelos realizado por el contratista de obra.

En la Figura 51 se puede observar el proceso realizado para la excavación de los caisson y el personal necesario para esta actividad; todo el personal contó con los elementos de protección y se verificó el estado en el que se encontraba las herramientas menores como barras, palas y demás utilizadas; en la imagen derecha se observa que con el avance de la excavación se hacía necesario el uso del mashin, los molinetes y baldes para sacar el material y permitir que el personal continuara con la excavación.

Figura 51. Excavación de Caisson



Fuente. Elaboración propia

4.2.2.1.2 Armado de refuerzo. Una vez realizada la excavación de los 1.2 metros que corresponden a la altura de cada anillo, se procedió con la verificación de los niveles y plomos para armar el anillo del caisson ubicando las varillas verticales que arman el círculo; posterior a esto se traslaparon los anillos de refuerzo que se amarraron con alambre negro en cada uno de los puntos de intersección.

4.2.2.1.3 Ubicación de formaleta. Para esto el contratista de obra utilizó formaleta mecánica las cuales fueron engrasadas antes de su instalación para facilitar el retiro una vez el concreto se haya endurecido; las formaletas se instalaron una por una formando un circulo, se aseguraron con parales para dar rigidez a la estructura temporal. Antes de realizar el vertido de concreto se verificaron las medidas, cabe denotar que con el avance en la fundida de los anillos, la formaleta siguiente se debió inclinar respecto al borde del anillo inmediatamente anterior para tener el espacio suficiente para poder verter el concreto. En la Figura 52 se observa el engrasado de la formaleta este se realizó con un aceite quemado el cual se aplicaba con un rodillo sobre la formaleta para su instalación en los anillos del caisson.

Figura 52. Preparación formaleta de anillos e instalación



Fuente. Elaboración propia

4.2.2.1.4 Vertido de concreto. Con la formaleta instalada, nivelada y asegurada se procedió a verter el concreto fabricado in situ, con adición de acelerante. Este proceso consistió en el vaciado del concreto desde la mezcladora hasta el anillo con la ayuda de una lámina metálica a manera de canal, los operarios prepararon el concreto y llenaron el anillo; a medida que se va completando este proceso los operarios vibran el concreto mecánicamente para evitar la existencia de espacios con aire, una vez lleno de concreto y vibrado el anillo se dejó fraguar por aproximadamente un día.

En la Figura 53 se observa la formaleta instalada y asegurada; se inició el vaciado del concreto para fundir el anillo del caisson en la parte derecha de la Figura se observa el resultado final del vaciado de concreto.

Figura 53. Vaciado de concretos en anillos



Fuente. Elaboración propia

4.2.2.1.5 Descimbrada. Cuando el anillo adquirió la resistencia necesaria para soportar su propio peso a los 7 días, se procedió a desasegurar y retirar las formaletas, para continuar con los mismos pasos descritos anteriormente en los siguientes anillos hasta llegar a la longitud deseada.

4.2.2.1.6 Armado y ubicación de la canasta. Una vez finalizado el proceso de construcción de los anillos del caisson se inició con el armado de la canasta de refuerzo, la cual fue armada fuera de los anillos; se armó la estructura cilíndrica general de los refuerzos, se levantó y ubicó al interior del caisson; con el refuerzo dentro de los anillos se bajó más acero de refuerzo para terminarla de armar dentro del anillo; esta estructura de acero se consideró como el refuerzo principal del fuste del caisson (elemento central). Al acero se le dejó una longitud adicional para ser conectados con la zarpa una vez se terminó el proceso de construcción de los caisson. En la Figura 54 se presenta un ejemplo de la canasta de acero instalada en los anillos, en la parte derecha de la Figura se muestra la longitud adicional para conectar el caisson con la zarpa del muro.

Figura 54. Armado y ubicación de la canasta



Fuente. Elaboración propia

4.2.2.1.7 Fundida del fuste. Al igual que los anillos, el fuste del caisson es en concreto fundido en sitio; para este proceso se utilizó un embudo provisional con un tubo que llegaba hasta el fondo de la excavación para llenar el caisson hasta el nivel del suelo que cumple con los soportes necesarios; este concreto también es vibrado mecánicamente, una vez lleno el caisson se dejó fraguar para que adquiriera resistencia.

En la Figura 55 se ve el proceso de elaboración de concreto in situ y posterior vaciado a cada uno de los caisson; este proceso consiste en dejar caer el concreto por gravedad al fondo de los anillos y vibrar con un vibrador mecánico para evitar la presencia de aire en la cimentación profunda.

Figura 55. Vaciado de concreto para fuste



Fuente. Elaboración propia

El proceso de dejar caer por gravedad el concreto produce la segregación de la mezclas según algunos diseñadores e inspectores que proponen la altura máxima de caída libre entre 0,9 y 1,5 m (incluso en ocasiones llega a 0,6 m para caisson) para minimizar, según ellos, la segregación del material. Pero ni la norma ACI 301-99 («Especificaciones para Hormigón

Estructural»), ni la ACI 318-99 (“Requerimientos del Código de Edificación para Hormigón Estructural limitan la altura máxima de caída por tal motivo no se consideró que la cimentación fuese a presentar problemas de segregación.

Una vez terminado el proceso de llenar los caisson con concreto se procedió a dejar fraguar el concreto durante 7 días, para iniciar con la construcción de la zarpa del muro de contención. En la Figura 56 se presentan los caisson terminados.

Figura 56. Caisson terminado



Fuente. Elaboración propia

4.2.3 Construcción de muro de contención. Construida la cimentación del muro de contención que para el caso del PR 41+800 son 5 caisson con concreto de 4000 psi o 28 Mpa y profundidad entre 11 y 12 metros, se inició con la construcción de la estructura de contención en concreto de 3000 psi o 21 Mpa.

4.2.3.1 Ejecuciones de los trabajos. Para la ejecución de los trabajos del muro de contención se planteó en el diseño un muro tipo ménsula el cual se compone de 2 partes principales que son la zarpa y vástago, elementos encargados de soportar los empujes de la estructura del pavimento.

El proceso constructivo de un muro de contención es relativamente fácil puesto que teniendo la excavación y cementación profunda ya realizados, se inicia a suministrar e instalar el concreto de limpieza directamente al suelo; este concreto tiene una resistencia de 2000 psi o 14 Mpa y un espesor de 5 cm.

Una vez instalado el concreto de limpieza, el contratista de obra procedió a suministrar, Figurar e instalar el acero de refuerzo ($F_y = 420$ Mpa) según los diseños y despieces planteados inicialmente; estas varillas tienen un diámetro de 5/8 de pulgada por la longitud de la zarpa (5,6 metros) y puesta cada 30 cm en la totalidad del ancho de la estructura como se observa en la Figura 57, que presenta la instalación del acero de refuerzo sobre el concreto de limpieza.

Figura 57. Instalación de acero de refuerzo



Fuente. Elaboración propia

Para garantizar el funcionamiento de la cimentación profunda se construyó una parrilla la cual conectaba cada uno de las varillas de refuerzo de los caisson con la zarpa. En la Figura 58 se puede observar las conexiones.

Figura 58. Conexión zarpa con caisson



Fuente. Elaboración propia

Antes de suministrar el acero de la parte superior de la zarpa se figuró e instaló el acero de refuerzo del vástago, para optimizar la transferencia de las cargas del vástago a la zarpa y de ahí a los caisson el cual la distribuye al suelo de fundación. En la Figura 59 se observa la conexión entre vástago, zarpa y caisson para garantizar la rigidez de la estructura y la transferencia de las cargas; una vez conectada esta se procedió a terminar de instalar el acero de la parte superior de la zarpa.

Figura 59. Conexión entre zarpa y vástago



Fuente. Elaboración propia

Con el suministro e instalación de todo el acero de refuerzo de la estructura de contención, se procedió a instalar la formaleta metálica en la zarpa para el posterior vaciado y vibrado de concreto de 21 Mpa (3000 psi) en los 0,60 metros de espesor de la estructura. (Ver Figura 60)

Figura 60. Vaciado y vibrado de concreto en zarpa



Fuente. Elaboración propia

Una vez terminado el vaciado de concreto en la totalidad de la zarpa se procedió a realizar la nivelación y reducción de rugosidad del concreto para esto se utilizó una reglilla (boquillera); al día siguiente se retiró la formaleta que encofraba la zarpa, esta formaleta se limpió y engrasó para ser utilizada en el encoframiento del vástago.

Con el vástago encofrado (Figura 61) se inició el vaciado y vibrado del concreto de 21 Mpa (3000 psi) elaborado in situ; para esto se utilizó carretillas, palas vibrador mecánico y personal. En la Figura 62 se muestra en forma gráfica el proceso utilizado para el lleno del vástago con concreto

Figura 61. Encofrado del vástago



Fuente. Elaboración propia

Figura 62. Vaciado y vibrado de concreto en vástago



Fuente. Elaboración propia

Transcurridos 7 días se desencofró el vástago, y se obtuvo como resultado el muro terminado. En la Figura 63 se muestra el resultado del proceso realizado en los muros de contención que tienen este mismo proceso constructivo.

Figura 63. Muro de contención terminado



Fuente. Elaboración propia

4.2.4 Anclajes para muros de contención. Para el muro ubicado en el PR 41+080 se realizó el procedimiento descrito en el numeral 4.2.3, construcción de muro, obteniendo como resultado una estructura de contención sin cimentación superficial o profunda, en los diseños se contemplaba la instalación de anclajes tipo activo hasta 20 toneladas (tendón de 3 torones diámetro 1/2") utilizados para la estabilización de la estructura.

En la Figura 64 se presenta la estructura de contención después de realizar el proceso descrito en el numeral 4.2.3 construcción de muro de contención; estos muros no tienen una cimentación profunda por tal motivo en los diseños iniciales se planteó y aprobó la construcción de anclajes para dar soporte y estabilidad a la estructura.

Figura 64. Proceso constructivo terminado sin anclajes



Fuente. Elaboración propia

4.2.4.1 Ejecuciones de los trabajos de anclajes. Teniendo en cuenta el tipo de suelo se determinó que la opción más conveniente para realizar la perforación del anclaje era por rotación, puesto que en este tipo de perforación la tubería solamente rotaba y se le empujaba hacia adentro del taladro sin ejercer presión, la tubería utilizada era hueca y perforada. Además de esto se realizaba el ingreso de los anclajes tipo activo hasta 20 toneladas (tendón de 3 torones diámetro 1/2") hasta la profundidad de perforación. Estos torones se introducían sin ninguna resistencia. En la Figura 65 se observa el equipo de perforación (trackdrill) sostenido por la grúa realizando la perforación del anclaje y a la vez introduciendo las 3 líneas de torones necesarias en la construcción del anclaje

Figura 65. Perforaciones para los anclajes



Fuente. Elaboración propia

Perforados los anclajes e instalados los torones, se procedió a la inyección de los mismos con concreto (concreto lanzado) hasta alcanzar la presión adecuada, este concreto es de alta resistencia puesto que a los 21 días de la perforación e inyección de los anclajes se deben tensar los anclajes. Teniendo en cuenta que el concreto reforzado tiene la capacidad de adquirir la resistencia necesaria para ser sometida a carga sin riesgo de fractura a los 7 días. Los dados de tensión se fabricaron a los 7 días siguiente de realizada la perforación.

En la Figura 66 se puede observar las perforaciones y torones instalados antes de construidos los dados de tensión; en la parte inferior de la imagen se pueden observar los dados construidos, estos se fabricaron a los 7 días de realizada la perforación de los anclajes.

Figura 66. Construcción de dados de tensión



Fuente. Elaboración propia

Con la construcción de los dados de tensión se instalaron las platinas, cabeza de anclaje y cuñas para ser tensionado en los días posteriores; en la Figura 67 se presenta la platina y cabeza de anclaje antes y después de su instalación.

Figura 67. Estado final del ancle antes de tensión



Fuente. Elaboración propia

Una vez adquirida la resistencia necesaria del concreto inyectado se procedió a realizar el tensionamiento del anclaje hasta 20 toneladas según el diseño presentado inicialmente por el contratista de obra, para esto se utilizó un gato hidráulico; en la Figura 68 se observa parte del proceso de tensión de los anclajes, a los torones se les conecto el gato hidráulico el cual ejercía tensión.

Figura 68. Tensión de anclajes



Fuente. Elaboración propia

Cuando se obtuvo la tensión deseada se procedió a desconectar el gato hidráulico y cortar los torones para colocar una tapa en acero de forma cilíndrica la cual protege la cabeza del anclaje, esta tapa se soldó a la platina instalada como se puede observar en la Figura 69.

Figura 69. Instalación y soldadura de tapa del anclaje



Fuente. Elaboración propia

Con la instalación de la tapa de cobertura de la cabeza del anclaje se terminó la construcción de los anclajes del muro. Este mismo procedimiento se repitió en el muro ubicado en el PR 41+100. En la Figura 70 se presenta el proceso de construcción de anclajes finalizado, los anclajes se realizaron a 1,2 metros de la zarpa, cada muro tiene 6 anclajes incrustados 12 metros cada uno

Figura 70. Procedimiento de construcción de anclajes terminado



Fuente. Elaboración propia

5. OTRAS ACTIVIDADES SUPERVISADAS

En el tiempo de duración del trabajo de grado (pasantía) se realizó la supervisión de actividades alternas a las principales presentadas en los capítulos anteriores; para estas actividades secundarias se describirá el proceso constructivo realizado.

5.1 FILTROS

La construcción de filtros se realizó en ciertos tramos con diferentes alturas; estos se utilizaron para controlar el agua de infiltración que proviene de las laderas y taludes adyacentes a la vía; se construyeron con la finalidad de proteger las capas granulares de la estructura de pavimento. Para definir los tramos en los cuales era necesaria la implementación de filtro, se realizó el recorrido entre los especialistas de geología e hidráulica de obra e interventoría; se definieron los tramos a intervenir con sus respectivas alturas, anchos y longitudes; estos tramos se presentan en la Tabla 30

Tabla 30. PR a instalar filtro

| Filtro | | | | |
|--------|-------------|--------|-------|-------|
| | PR – INICIO | L= (m) | a=(m) | h=(m) |
| 1 | 55+585 | 50,00 | 1,02 | 1,00 |
| 2 | 49+772 | 160,15 | 0,93 | 1,32 |
| 3 | 48+888 | 124,00 | 0,83 | 1,27 |
| 4 | 48+014 | 108,40 | 0,80 | 1,18 |
| 5 | 47+617 | 64,40 | 0,90 | 1,14 |
| 6 | 47+067 | 80,00 | 1,03 | 1,33 |
| 7 | 46+010 | 54,5 | 0,90 | 1,14 |
| 8 | 42+251 | 19,80 | 0,93 | 1,20 |
| 9 | 42+040 | 92,00 | 1,05 | 1,00 |
| 10 | 41+774.58 | 60,30 | 0,93 | 1,20 |
| 11 | 40+388.78 | 61,50 | 1,03 | 1,43 |
| 12 | 40+336 | 41,30 | 0,89 | 1,14 |
| 13 | 39+962 | 39,10 | 0,95 | 1,13 |
| 14 | 38+491 | 104,00 | 1,13 | 1,32 |
| 15 | 38+083 | 21,00 | 0,96 | 1,18 |
| 16 | 36+526 | 19,90 | 1,01 | 1,23 |
| 17 | 34+601 | 28,30 | 0,82 | 1,18 |
| 18 | 34+544 | 16,80 | 1,01 | 1,30 |

Fuente. Elaboración propia

Una vez definidos los tramos y longitudes a intervenir, se iniciaron con la construcción de los filtros con el avance en la ejecución se determinó que en algunos de estos tramos se debía instalar manguera perforada.

5.1.1 Proceso constructivo. Una vez se tuvo la aprobación de los tramos a intervenir por parte de la interventoría, se inició con el proceso constructivo de los filtros comenzando con la remoción de capa vegetal (descapote); la empresa contratista EQUPOS Y TRITURADOS S.A.S destinó la retro excavadora sobre llantas para ejecutar la excavación directamente sin la necesidad de realizar el descapote.

El contratista de obra realizaba la excavación mecánica, carga y transporte del material proveniente de la excavación directamente al zócalo para evitar la acumulación de material acopiado en la vía que pudiese generar accidentes. El plan de manejo de tránsito contemplaba el cierre total de la vía en los momentos en los cuales la maquinaria se encontraba en funcionamiento; estos cierres se realizaban por aproximadamente media hora contando con la participación de controladores de tránsito y la señalización debida. El proceso de excavación para los filtros se presenta en la Figura 71, en esta se observa la retro-excavadora sobre llantas y la excavación realizada.

Figura 71. Excavación para filtro



Fuente. Elaboración propia

Para evitar la contaminación del material drenante se instaló un geotextil no tejido NT 2400 que se ponía en contacto con las paredes de la excavación, este geotextil era instalado en rollos de 3,40 metros por la longitud necesaria si esta longitud era superior a 100 metros se debía instalar un segundo rollo al cual se le

realizaba un traslazo aproximado de 60 centímetros el proceso de instalación del geotextil se puede observar en la Figura 72 presentada a continuación.

Figura 72. Instalación de geotextil en la excavación



Fuente. Elaboración propia

Instalado el geotextil se procedía con la instalación de la manguera perforada que permite el paso y direccionamiento del agua de infiltración, la manguera suministrada para instalar venia en presentación de rollos de 100 metros; esta se colocaba dentro del geotextil como se observa en la Figura 73

Figura 73. Manguera de filtro



Fuente. Elaboración propia

Para la aprobación de instalar el material drenante por parte de la interventoría se tomaban muestras para determinar si el material dispuesto en obra era el mismo del cual se presentaron los ensayos iniciales realizados; además de esto se hizo una inspección visual para ver si se tenía presencia de material orgánico. Una vez superada la inspección visual la interventoría aprobaba el relleno de la excavación con material drenante el cual debía tener diámetros entre 3/4 y 3 pulgadas, como se presenta en la Figura 74.

Figura 74. Colocación de material filtrante



Fuente. Elaboración propia

Aprobado e instalado el material drenante se procedió a cubrir este con el geotextil para ser cocido utilizando hilo de polietileno con puntadas simples; para un metro lineal de costura se utilizaron aproximadamente 80 puntadas. Una vez se cocía toda longitud del tramo se realizaba el mismo procedimiento de costura pero en sentido contrario quedando una hilo en sentido del abscisado y otro en contra del mismo; esto se hizo para evitar accidentes, si el hilo se rompe se tiene la otra línea para mantener unido el geotextil; se puede observar en la Figura 75.

Figura 75. Costura de geotextil



Fuente. Elaboración propia

Una vez el filtro se encuentra cocido en su totalidad se procedió a cubrir el geotextil con material de cobertura compactado con plancha vibradora en capas con espesor máximo de 15 cm hasta llegar a la cota de diseño; en la mayoría de los casos el suelo de cobertura fue el mismo de cimiento para las cunetas por tal motivo el proceso constructivo termina con el cocido del geotextil.

En Figura 76 se presenta el resultado de realizar el proceso constructivo anteriormente descrito; en esta Figura se observa cómo se encofro el material granular y la manguera perforada con el geotextil para su posterior costura

Figura 76. Filtro terminado



Fuente. Elaboración propia

5.2 REMOCIÓN DE DERRUMBES

El tramo de vía entre Landázuri y Vélez presenta fallas geológicas y acumulación de aguas en los taludes y laderas, lo que ocasiona deslizamientos o derrumbes de material que se alojan en la carretera; esto interrumpía la normal circulación de los vehículos. Como en el contrato de obra 576 se contemplaba el mantenimiento, el contratista EQUIPOS Y TRITURADOS S.A.S realizó el retiro del material proveniente de los deslizamientos o derrumbe para garantizar la movilidad por el corredor vial.

5.2.1 Ejecución de los trabajos. El trabajo consistió en remoción, cargue, transporte y disposición de los materiales provenientes del deslizamiento de taludes o terreno natural depositado sobre la vía, el cual se convertía en obstáculos para la utilización normal del corredor. La interventoría y el contratista de obra realizaron recorrido para definir los tramos en los cuales se presentaba material de derrumbe; de este recorrido se definieron los lugares que debían ser intervenidos con prioridad; El día 14 de noviembre de 2017 se presentaron fuertes lluvias, lo cual ocasionó un deslizamiento de material de la ladera derecha (sentido del abscisado) en el PR 27+100 ocasionando el cierre temporal de la vía.

La actividad de remoción de derrumbes se realizó con la retro excavadora hidráulica sobre sobre ruedas marca Hyundai (numeral 1.2.5 equipo de obra página 32) y volquetas doble troque; el material encontrado en la vía se recogió y se transportó al zodme para su disposición final; la cantidad de material removido fue aproximadamente 3771,8 metros cúbicos; las cantidades desglosadas y PR intervenidos se describen en la Tabla 31.

En la Figura 77 se presenta un ejemplo de los derrumbes presentados en el tramo durante el tiempo de ejecución de la pasantía, el registro fotográfico de los demás sitios intervenidos se encuentra en el anexo F.

Figura 77. Derrumbe presentado en PR 27+100



Fuente. Elaboración propia

En la Figura 78 se puede observar el proceso de cargue del material proveniente del deslizamiento a la volqueta destinada para el transporte del material hasta el punto de disposición (zodme).

Figura 78. Cargue y transporte de derrumbes



Fuente. Elaboración propia

Tabla 31. PR y cantidades de material removido

| REMOCIÓN DE DERRUMBE | | | |
|----------------------|---------------|--------|---------------|
| PR | CANTIDAD (m3) | PR | CANTIDAD (m3) |
| 62+400 | 393,2 | 41+200 | 18,98 |
| 62+300 | 191,9 | 41+100 | 45,35 |
| 52+600 | 274,98 | 40+171 | 45,34 |
| 48+990 | 35,13 | 38+050 | 60,12 |
| 47+060 | 18,12 | 35+300 | 89,56 |
| 47+500 | 69,65 | 36+700 | 185,23 |
| 47+292 | 41,98 | 27+000 | 1565,62 |
| 45+050 | 20,97 | 25+100 | 687,33 |
| 41+900 | 28,34 | TOTAL | 3771,8 |

Fuente. Elaboración propia

5.3 TRABAJO EN OFICINA

Además del acompañamiento en la ejecución de las obras, se efectuó acompañamiento al trabajo realizado en oficina por parte del equipo de interventoría; las actividades realizadas en oficina por parte del pasante consistían en la toma y digitación de las cantidades de obra para verificar si las cantidades presentadas por el contratista eran iguales o discrepaban con las de interventoría; de ser así, se realizaba la medición en conjunto entre obra e interventoría. La recopilación de esta información se puede observar en el anexo E. Otra de las actividades en las que se participó fue en el control de maquinaria, personal, estado general del tiempo, estado financiero del contrato de obra para realizar el diligenciamiento de los formatos de obra exigidos por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS):

- MINFRA-MN-IN-15-FR-4 maquinaria y equipo contrato de obra
- MINFRA-MN-IN-15-FR-10 maquinaria y equipo contrato de obra
- MINFRA-MN-IN-15-FR-11 resumen ensayos laboratorio realizados
- MINFRA-MN-IN-15-FR-12 control y aportes legalización y seguridad social

El diligenciamiento de los formatos en Excel se puede encontrar en el anexo G; aparte de los formatos de obra, se participó en la realización de los informes mensuales presentados al Instituto Nacional de Vías en los cuales se presentaba el estado del proyecto y su ejecución mes a mes; para el periodo de duración de la pasantía se presentaron cuatro informes correspondientes a los meses de octubre, noviembre, diciembre de 2017 y enero de 2018; estos informes (ver anexo H) se realizaron siguiendo los parámetros del manual de interventoría 2016.

El procedimiento para entregar dichos informes en la subdirección de la red nacional de carreteras del Instituto Nacional de Vías, inició con la realización de los informes para ser entregados al director de interventoría quien los revisaba y daba su aprobación para ser remitidos al supervisor del contrato quien también realizaba una revisión y firmarlos. Al ser firmados por el supervisor del contrato, se remiten a la planta central del INVIAS al Gestor Técnico del contrato para su aprobación y firma; con la aprobación de estos informes se ostentó el consentimiento para el pago del acta de costos de Interventoría presentado en el mes de ejecución.

Unas de las actividades solicitadas por el director de interventoría fue realizar un inventario de las obras de drenajes encontrados en el corredor vial el cual se presenta en el anexo I; recopilar información de las ventanas intervenidas anexo K para realizar un diagnóstico; se elaboró un video general de las actividades ejecutadas, anexo L y un reporte mensual de las actividades ejecutadas mes a mes anexo M; junto a esto se realizaron los informes mensuales entregados a la UPTC anexo N.

6. DIFICULTADES PRESENTADAS

- Los hábitos y practicas adquiridas con la experiencia y el paso del tiempo por algunos de los ingenieros, maestros y encargados de la obra en cuanto a los procesos constructivos afectan la calidad de la obra; en algunas ocasiones las sugerencias y documentos de los procesos constructivos del Instituto Nacional de Vías (INVIAS) no se seguían al pie de la letra.
- Falta de una guía práctica o manual que normalizase la supervisión puesto que los procedimientos de supervisión se realizaron bajo las consideraciones personales de los ingenieros y encargados ocasionando un sesgo o irregularidades en las decisiones tomadas. Esto debido a que se presentaron inconvenientes entre obra e interventoría con las decisiones tomadas
- En el desarrollo de la pasantía se presentaron dificultades con los maestros de obra y su marcada ideología de la experiencia, puesto que no se tenía en cuenta las recomendaciones expresadas en forma verbal y escrita. Es el caso de las solicitudes realizadas al personal e ingenieros acerca de los elementos de protección personal.
- Se presentaron diferentes inconvenientes con los factores climáticos en lo referente a precipitaciones, ya que atrasaban el cronograma de los trabajos programados; por ejemplo en la extensión de materiales granulares se debía esperar al día siguiente para airear el material y quitarle humedad, para poder ser extendido y compactado, generando demoras y sobre costos que llevaron al contratista a poner en marcha un plan de contingencia.
- Falta el acompañamiento permanente de las entidades de socorro puesto que en la ejecución de los trabajos de excavación se rompió un tubo que transportaba gas natural, ocasionando atrasos y posibles accidentes a la obra; esta emergencia fue atendida por las entidades de socorro después de aproximadamente una hora de informada la emergencia.
- En algunos tramos de la vía se presentó deterioro y fatiga exagerada de las capas granulares existentes, (observado al momento de realizar el fresado) razón por la cual debieron ser remplazadas, lo cual ocasiono desequilibrio económico y reducción del alcance del proyecto. Esta fue una de las motivaciones para otorgar el adicional.
- El contratista en su cronograma de obra determinó la realización de varias actividades el mismo día con diferentes cuadrillas de trabajo lo que dificultaban las labores de supervisión por parte del pasante; caso contrario al equipo de

interventoría quien contaba con inspectores e ingenieros auxiliares para cada frente de trabajo, sin embargo, se procuró ir a todos los frentes de trabajo para llevar un registro fotográfico y tomar de cantidades lo más completo posible.

- Debido a que las obras se realizaban en zona rural de los municipios de Vélez y Landázuri, y además existían varios frentes de trabajo, se presentaron grandes inconvenientes al inicio de la práctica, puesto que no se contaba con un medio de transporte a disposición y posteriormente se debió adquirir un vehículo privado (moto) que facilitaba el traslado para la supervisión.
- El contratista de obra en uso de sus funciones, no suministro a tiempo alguna documentación solicitada como: muestra de los materiales dispuestos en obra, resultados de laboratorio, planillas de pago de seguridad social, documentación de la maquinaria etc.

7. APORTES

- Los procesos constructivos desarrollados durante el mantenimiento y mejoramiento objeto de la supervisión apoyada por esta práctica (pasantía) dan una idea superficial al autor de las razones principales por las que las obras viales presentan deterioros y daños antes del tiempo de diseño puesto que existen variaciones en los procesos constructivos con las recomendaciones de construcción del INVIAS.
- Con esta opción de trabajo de grado el autor aprovechó la experiencia de Ingenieros con trayectoria en diferentes ramas de la ingeniería, los cuales permitieron ampliar la visión de todo lo que encierra ser profesional en Ingeniería de Transporte y Vías.
- La pasantía es una buena oportunidad para abrirse paso a un mundo de oportunidades laborales y sociales, tomando en cuenta que la Escuela de Transporte y Vías proyecta un porcentaje de sus alumnos para competir en el mercado de la Infraestructura Vial.
- Es fundamental para los estudiantes del programa de la Escuela de Ingeniería de Transportes y Vías realizar convenios con las Secretarías de Infraestructura, transporte, municipios, empresas públicas y privadas, ya que el conducto no es tan rápido y efectivo para poder realizar la práctica con proyección empresarial
- Con los controles efectuados en oficina y campo permitieron al autor adquirir experiencia para verificar las cantidades, materiales puestos en obra, maquinaria, entre otros, lo cual permitirá al autor como futuro Ingeniero en Transporte y Vías de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, poder desempeñarse como interventor o supervisor de obra.
- Como futuro ingeniero en Transporte y Vías, para el autor es muy gratificante conocer la problemática que tiene la sociedad en cuanto a infraestructura vial y poder servirle con los conocimientos adquiridos supervisando o ejecutando los proyectos de las entidades gubernamentales, para el mejoramiento de la calidad de vida.

8. RECOMENDACIONES

- Realizar un control de supervisión más estricta que garantice de forma efectiva el cumplimiento de las especificaciones técnicas y procesos constructivos planteados para la ejecución de las obras y actividades.
- Resultaría pertinente una capacitación en supervisión de obras, por parte de las empresas o entidad donde se realice el proyecto de grado, para lograr un eficiente desempeño en la supervisión de las actividades ejecutadas en los contratos de obra.
- no se encuentra un manual que oriente la supervisión de mantenimiento, rehabilitación o construcción de obras de infraestructura, sería pertinente realizar un trabajo de investigación para elaborar e implementar un manual que todos los supervisores sigan en pro de mejorar la calidad de las obras.
- El cumplimiento adecuado de las normas y guías del Instituto Nacional de Vías (INVIAS) usadas en el desarrollo del mantenimiento del corredor vial entre Barbosa y Landázuri garantiza la movilidad y seguridad de los usuarios sin embargo por el estado y tiempo de vida útil del pavimento se recomienda realizar una sobre carpeta en todo el corredor.
- Se atendieron algunos puntos en los cuales se presentaba la posibilidad de pérdida de calzada, sin embargo aún quedan tramos en los cuales se deben controlar el agua superficial, subsuperficial y de escorrentía; para esto se recomienda la construcción de drenes horizontales, zanjas de coronación, filtros cunetas alcantarillas y demás estructuras que permitan el control del agua.
- La supervisión por parte de interventoría y sus actividades como Llevar al día la bitácora, hacer lo que se planeó, escribir lo que se hizo y llevar un registro juicioso del avance del proyecto, sirve para llegar a una obra bien ejecutada que cumpla con el objeto del contrato.

9. CONCLUSIONES

- El trabajo de grado (pasantía) con proyección empresarial es la mejor alternativa para poner en práctica los conocimientos adquiridos en las diferentes asignaturas vistas y aprobadas a lo del tiempo de pregrado. Además, con esta modalidad de grado se permite desarrollar algunas competencias del programa de Ingeniería De Transporte Y Vías como son solución a los problemas presentados en la comunidad, trabajo en equipo.
- Para dar cumplimiento a los objetivos planteados en la propuesta se realizó el respectivo diligenciamiento de la bitácora, generación de un archivo fotográfico de cada una de las actividades realizadas que permiten verificar la ejecución de las actividades propuestas para cada frente de trabajo, además de estos se realizaron las memorias de cantidades de obra.
- Se puso en práctica los conocimientos adquiridos en las asignaturas de diseño de pavimentos, construcción y conservación vial, electiva de diseño avanzado de pavimentos, electiva de interventoría de obras viales, concretos, para la verificación la normatividad y ejecución óptima en base a los diseños previamente aprobados.
- Durante el desarrollo de la práctica empresarial y en la condición de supervisor integrante de interventoría se comprobó que las electivas ofrecidas en el programa de Ingeniería De Transportes Y Vías están acorde y resultan fundamentales con las necesidades de la vida real.
- El trabajo realizado en la pasantía me permitió observar un ejemplo de las diferentes fallas geológicas que se pueden presentar en la geografía colombiana y las posibles soluciones; un ejemplo, cuando el suelo de cimentación se encuentre a grandes profundidades se puede realizar la cimentación de las estructuras con anclajes transversales.
- La maquinaria y actividades realizadas para la construcción de una carpeta asfáltica por el procedimiento de bacheo y parche es la misma, la única diferencia que se encuentre son los rendimientos ya que el área del parcheo es menor y complica la extensión del concreto asfáltico.
- El control hidráulico y del agua importante en la ejecución de las actividades de obra; si esta llega a las laderas o taludes se pueden presentar deslizamientos y/o pérdida de bancada, lo cual afecta la circulación de los vehículos; el agua no solo afecta el material natural sino también la estructura de pavimento en sus capas granulares, lo cual las satura y se pueden presentar acolchonamientos, hundimiento o fisuras que se proyectan a la capa de rodadura.

- La saturación de los taludes y laderas genera movimientos masivos de tierras que muchas veces terminan con desprendimientos o derrumbes de material que terminan en la vía, ocasionando costos de remoción de derrumbes que no se contemplaron en las actividades iniciales ejemplo de ello es el derrumbe del día 14 de noviembre de 2017 que reducen el alcance de las obras a ejecutar.
- El material de material proveniente del fresado le pertenece al Instituto Nacional de Vías, entidad que lo utiliza como material de afirmado para el mantenimiento de las vías terciarias o lugares de fallas geológicas donde no se puede pavimentar, ya que esta estructura no tendría la estabilidad y calidad del diseño, como es el caso de algunos puntos de esta vía.

BIBLIOGRAFÍA E INFOGRAFIA

ACI Comité 201. (2000). Guía para la Durabilidad del Hormigón. Informe técnico ACI 201.2R-01, American Concrete Institute.

BROCK. Contenido de Asfalto. Disponible [en línea] URL: <http://javierlaboratorio.blogspot.com.co/2009/03/contenido-de-asfalto-en-plantas-de.html>.

CARDONA BOTERO, Alberto y RAMÍREZ ROA, Álvaro. Análisis Comparativo de Método de Diseño de Pavimento Flexible, Tesis de grado. Universidad Nacional de Colombia, 1999.

Cement and Concrete Research journal homepage: <http://ees.elsevier.com/CEMCON/default.asp>

CONVENIO INTERADMINISTRATIVO 0587-03 Manual Para La Inspección Visual De Pavimentos Flexibles Bogotá: INVIAS octubre 2006

HIGUERA SANDOVAL, Carlos Hernando. Nociones Sobre Evaluación y Rehabilitación de Estructuras de Pavimentos. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja. 2012.

INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS INVIAS. Capítulo I Aspectos Generales. 2013. p. 101. Disponible [en línea] URL: http://giv.com.co/invias2013/CAP+TULO+1_1.desbloqueado.pdf.

INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS, INVIAS. Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras y Normas de Ensayos para Carreteras. Ministerio de Transporte. Bogotá. 2013.

INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS, INVIAS. Manual de Interventoría Obra Pública. Versión 2.Ministerio de Transporte. Bogotá. 2010.

INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS, Ministerio de Transporte. Especificaciones Generales de Construcción para Carreteras. Bogotá: INVIAS, 2013. p. 210-1.

MEDINA ROA, Juan. Tunja ciudad que emerge. Revista Biblioteca Virtual Luís Ángel Arango. Credencial Historia No. 237. Publicada septiembre 2009. Disponible [en línea] URL: <http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/revistas/credencial/septiembre2009/tunja.htm>.

MONTEJO FONSECA, Alfonso. Ingeniería de pavimentos: fundamentos, estudios básicos y diseño. 3a, ed. Bogotá, D.C., 2010. Universidad Católica de Colombia. 612p.